2(5) / 2005

ТРАНСПОРТ УРАЛА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



- ТРАМВАЙНЫЕ ВАГОНЫ МОДЕЛЕЙ 71-402 И 71-403 С АСИНХРОННЫМ ПРИВОДОМ
- ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СЦЕПЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО КОЛЕСА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ
- ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ МОСТОВЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ ПРИ ИХ ОБСЛЕДОВАНИИ

ТЕМА НОМЕРА: **АККУМУЛЯТОРНЫЙ ЭЛЕКТРОВОЗ ДЛЯ МЕТРОПОЛИТЕНА**

ИВАН ВАСИЛЬЕВИЧ УТКИН



Родился 21 июня 1905 года. Кавалер ордена Ленина.
Награжден:
четырьмя орденами «Трудового Красного знамени»,
Орденом Отечественной войны 1 степени,
орденом «Знак почета».
Во время войны по приказу И.В.Сталина был назначен начальником паровозной службы Южно-Уральской и Свердловской железных дорог.
После войны - заместитель начальника Свердловской железной дороги. Первый ректор Уральского электромеханического института инженеров транспорта (УЭМИИТа).

2(5)/2005

ТРАНСПОРТ УРАЛА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

1 Ефимов Александр Васильевич — главный редактор, ректор УрГУПС.
2 Сай Василий Михайлович — зам. главного редактора, проректор по научной работе (УрГУПС).
3 Асадченко Виталий Романович — зам. главного редактора, д.т.н., профессор (УрГУПС).
4 Силуков Юрий Дмитриевич — д.т.н., профессор (УГЛТУ).
5 Багин Юрий Иванович — д.т.н., профессор (УГТУ-УПИ).
6 Урманов Рифат Нурович — д.т.н., профессор (УрГУПС).

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

1 Аккерман Геннадий Львович — д.т.н., УрГУПС (Екатеринбург)
2 Александров Александр Эрнстович — к.т.н., УрГУПС (Екатеринбург)
3 Антропов Владимир Алексеевич — д.э.н., УрГУПС (Екатеринбург)
4 Аржанников Борис Алексеевич — д.т.н., УрГУПС (Екатеринбург)
5 Афанасьев Анатолий Ильич — д.т.н., УГТУ (Екатеринбург)
6 Бачурин Николай Сергеевич — д.т.н., УрГУПС (Екатеринбург)
7 Баутин Сергей Петрович — д.ф.-м.н., УрГУПС (Екатеринбург)
8 Галкин Александр Геннадьевич — д.т.н., УрГУПС (Екатеринбург)
9 Глушко Марат Иванович — д.т.н., УО ВНИИЖТ (Екатеринбург)
11 Готлиб Борис Михайлович — д.т.н., УрГУПС (Екатеринбург)
12 Грицык Валерий Иванович — д.т.н., РГУПС (Ростов-на-Дону)
13 Ковалев Рудольф Николаевич — д.т.н., УГЛТУ (Екатеринбург)
14 Козлов Петр Алексеевич — д.т.н., ЗАО «Транспортный алгоритм» (Москва)
15 Коротаев Владимир Николаевич — д.т.н., ПГТУ (Пермь)
16 Коркунова Ольга Владимировна — к.ф.н., УрГУПС (Екатеринбург)
17 Кузнецов Константин Борисович — д.т.н., УрГУПС (Екатеринбург)
18 Лапшин Василий Федорович — д.т.н., УрГУПС (Екатеринбург)
19 Наговицын Виктор Степанович — к.т.н. (Москва)
20 Павлюков Александр Эдуардович — д.т.н., УрГУПС (Екатеринбург)
21 Паршин Анатолий Васильевич — к.т.н., УрГУПС (Екатеринбург)
22 Пикалин Юрий Анатольевич — д.э.н. (Свердловская железная дорога)
23 Попов Валерий Евгеньевич — д.т.н., НПП «Спектр» (Екатеринбург)
24 Рачек Светлана Витальевна — д.э.н., УрГУПС (Екатеринбург)
25 Резник Леонид Григорьевич — д.т.н., ТГНГУ (Тюмень)
26 Самуйлов Валерий Михайлович — д.т.н., УрГУПС (Екатеринбург)
27 Сергеев Борис Сергеевич — д.т.н., УрГУПС (Екатеринбург)
28 Скоробогатов Семен Макеевич — д.т.н., УрГУПС (Екатеринбург)
29Смольянинов Александр Васильевич—д.т.н.,УрГУПС(Екатеринбург)
30 Ставров Адольф Павлович — д.т.н, ЮУрГУ (Челябинск)
31Тимофеева Галина Адольфовна — д.ф.-м.н.,УрГУПС (Екатеринбург)
32 Умняшкин Владимир Алексеевич — д.т.н., УДГУ (Ижевск)
33 Федотова Татьяна Николаевна — к.т.н., УрГУПС (Екатеринбург)
34 Ялышев Юрий Иванович — д.ф.-м.н., УрГУПС (Екатеринбург)
35 Яровой Юрий Иванович — д.т.н., УрГУПС (Екатеринбург)

Выпускающий редактор — Неверова Людмила Васильевна.
Контактные телефоны: (343) 373-07-41, 245-31-88
www.usurt.ru/ru/science

В НОМЕРЕ

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТРАНСПОРТА

ПЕРВЫЙ РЕКТОР ИВАН ВАСИЛЬЕВИЧ УТКИН. 1
Сай В.М., Шутюк СВ. /ИНТЕГРИРОВАННЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТОВ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ОАО «РЖД» С РЕГИОНАЛЬНЫМИ ХОЗЯЙСТВУЮЩИМИ СУБЪЕКТАМИ. 4
Шаталова Н.И./ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОЦИАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ РАЗВИТИЯ ТРУДОВОГО ПОТЕНЦИАЛА РАБОТНИКА ТРАНСПОРТА. 12
Килин П.И. / ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЕТА АСПИРАЦИИ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ УЗЛОВ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА КОНВЕЙЕРНОГО, ГРАВИТАЦИОННОГО И ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА. 18

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСПОРТА

Григорьев В.В., Сафиуллин Р.Р., Сафиуллина С.А. / ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ОРГАНИЗАЦИИ ГРУЗОВОЙ РАБОТЫ. 23
Фирстов СВ., Бронников С.А. / ВНЕДРЕНИЕ КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ - НЕОБХОДИМЫЙ ФАКТОР ПЕРЕХОДА К НОВОЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЕ УПРАВЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫМ ПАССАЖИРСКИМ КОМПЛЕКСОМ. 27

СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОГ. ПУТЬ И ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

Скоробогатов СМ. / ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ МОСТОВЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ ПРИ ИХ ОБСЛЕДОВАНИИ. 34
Пасынков Б.П. / БЫСТР0В03В0ДИМЫЙ КОНКОРС ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ВОКЗАЛА С АНТИРЕЗОНАНСНЫМИ СВОЙСТВАМИ. 39

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ТЯГА

Гейзер А.И. / ТРАМВАЙНЫЕ ВАГОНЫ МОДЕЛЕЙ 71-402 И 71-403 С АСИНХРОННЫМ ПРИВОДОМ ПРОИЗВОДСТВА ФГУП «УРАЛТРАНСМАШ». 46
Сулейманов Р.Я. / АККУМУЛЯТОРНЫЙ ЭЛЕКТРОВОЗ ДЛЯ МЕТРОПОЛИТЕНА. 52

ТЕХНИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ТРАНСПОРТА

Боголюбов Ю.С, Мазнев А.С, Тюленев С.А. / ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ИНДУКТОРА. 56
Ахмеджанов Р.А., Кашка В.С. / МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВИТКА С ПОСТОЯННЫМ ТОКОМ. 60
Силуков Ю.Д. / ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СЦЕПЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО КОЛЕСА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ. 65

ПЕРВЫЙ РЕКТОР ИВАН ВАСИЛЬЕВИЧ УТКИН

К 100-летию со дня рождения

Имя Ивана Васильевича Уткина знакомо каждому выпускнику этого известного транспортного вуза.

23 июня 1956 года Совет Министров СССР по представлению МПС принял распоряжение № 3717-р организовать в г. Свердловске Уральский электромеханический институт инженеров железнодорожного транспорта, а вскоре последовал приказ о приеме студентов на первый курс института в количестве 225 человек, в том числе по специальностям:

- Электрификация железнодорожного транспорта - 75 человек;
- Подвижной состав и тяговое хозяйство - 75 человек;
- Автоматика, телемеханика и связь - 75 человек.

Ректором института был назначен приказом МПС №211 по личному составу от 10 августа 1956 года Иван Васильевич Уткин.

Перед ректором стояла очень сложная задача:

- в самый короткий срок создать приемную комиссию;
- набрать абитуриентов для поступления;
- подобрать кадры для нового института;
- сформировать педагогический состав.

Неотложной задачей руководства института была организация учебного процесса.

За два месяца:

- были подготовлены аудитории для лекций и лабораторных занятий;
- укомплектован штат преподавателей и учебно-вспомогательного персонала;
- созданы первые кафедры.

Организация набора студентов в новый вуз стала важной ответственной проблемой, т.к. объявление о приеме было сделано с большим опозданием - в июле 1956 года. Однако проблема была решена: на 225 мест было подано 638 заявлений (3 человека на место), к экзаменам комиссия допустила 416 человек.

Всего в институт было зачислено 228 абитуриентов, в том числе 93 медалиста.

Для формирования педагогического коллектива Иван Васильевич привлек к работе опытных специалистов. Были приглашены специалисты со Свердловской железной дороги и вузов города - УрГУ, УПИ. В комплектовании педагогических кадров существенную помощь оказали ЛИИЖТ и МИИТ.

Торжественное открытие института состоялось 17 ноября 1956 года. К тому времени были получены поздравительные телеграммы от МПС и Правительства. Поздравляя коллектив института в связи с его открытием, Министр путей сообщения Б. Бещев выразил уверенность в том, что институт «... внесет свой вклад в дело технической реконструкции железнодорожного транспорта и, прежде всего, Урало-Сибирских магистралей».

Много сил, энергии, организаторского таланта вложил Иван Васильевич в дело подготовки кадров для магистралей Урала, в формирование педагогического и студенческого коллективов, в строительство студенческого городка.

Иван Васильевич глубоко вникал в судьбы студентов, искренне интересовался их успеваемостью, бытовой устроенностью. Все, кто непосредственно общались с ним по делам и личным вопросам, всегда получали поддержку, полезный совет, душевное удовлетворение от заинтересованного, сердечного разговора.

Общение с трудовым коллективом, с каждым человеком, независимо от ранга, было для Ивана Васильевича настоящей потребностью.

Он всегда с особым вниманием относился к студентам из семей железнодорожников, старался оказать помощь в сохранении династии железнодорожников. Эта традиция всегда почитается во всех организациях железнодорожного транспорта.

Неоценимая заслуга Ивана Васильевича в выборе места расположения вуза. Он добился выделения участка для институтского городка на полуострове городского пруда, в красивом парке генеральской дачи. Под его непосредственным руководством на площади 25 га был построен институтский городок с учебными корпусами, студенческими общежитиями, жилыми домами для профессорско-преподавательского состава и обслуживающего персонала, спортзал, столовая...

Росла материальная база института, расширялось поле учебной и научной деятельности УЭМИИТа. Институт становился известным образовательным и исследовательским центром.

Выпускники УЭМИИТа вливались в ряды инженеров транспорта и промышленности Урала, прилегающих к нему районов Центра, Сибири и Казахстана. Одна за другой открывались новые специальности.

В 1994 году УЭМИИТ стал называться Уральской государственной академией путей сообщения, а в 1999 году получил статус университета.

УрГУПС сегодня - это:

- 8 факультетов;
- 37 кафедр;
- 5 филиалов;
- институт повышения квалификации и переподготовки кадров;
- более 30 научных подразделений;
- докторантура и аспирантура;
- более 10 тысяч студентов, в том числе:
- более 4 тысяч дневной формы обучения,
- более 5 тысяч - заочной;
- доктора и кандидаты наук, академики.

УрГУПС сегодня полностью обеспечивает кадрами Свердловскую и Южно-Уральскую железные дороги, Ижевское и Кировское отделения Горьковской железной дороги. Значимость университета постоянно растет, он становится популярным не только на Урале.

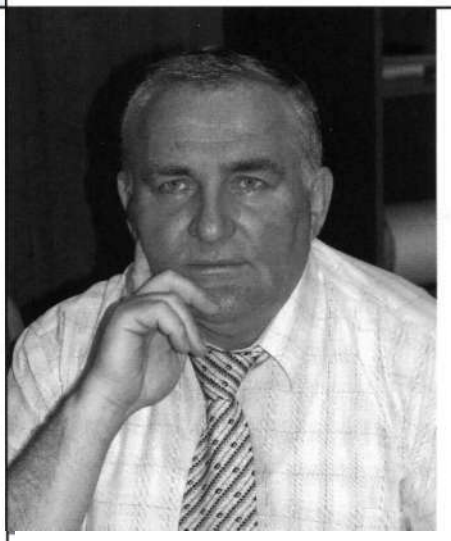
Около 1000 выпускников университета ежегодно получают дипломы о высшем техническом образовании.

За неполные 50 лет своего существования, из которых первые восемнадцать лет Иван Васильевич Уткин был ректором института, вуз выпустил более 30 тысяч специалистов. УрГУПС готовит кадры для машиностроительной, строительной, электротехнической и многих других отраслей России.

Первокурсники начинают свою учебу с обязательного посещения музея имени Ивана Васильевича Уткина, основателя университета, первого ректора.

Сай В.М., Шупок СВ.

ИНТЕГРИРОВАННЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТОВ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ОАО «РЖД» С РЕГИОНАЛЬНЫМИ ХОЗЯЙСТВУЮЩИМИ СУБЪЕКТАМИ





Сай Василий Михайлович,
доктор техн. наук, проректор по научной работе УрГУПС.

Шупок Сергей Владимирович,
начальник департамента по взаимодействию с федеральными и региональными органами власти ОАО «РЖД».

В настоящей работе мы завершаем формирование интегрированного коэффициента общей эффективности взаимодействия компании ОАО «РЖД» с регионом, начатое в работах [1-3].

Рассмотрим наиболее общий и близкий к реальности случай одновременного участия компании ОАО «РЖД» в нескольких параллельно выполняемых региональных проектах. Указанный случай является наиболее близким к реальности потому, что, как правило, на основе генеральных соглашений с регионами компания согласовывает и принимает участие в реализации общей региональной программы развития транспортной, промышленной и социальной инфраструктуры, включающей в себя целую серию различных региональных и федеральных проектов, подлежащих параллельному исполнению.

С формально-математической точки зрения, указанная ситуация параллельного исполнения различных проектов и программ в принятой нами методике моделирования системы взаимоотношений железнодорожного транспорта с регионами представляется следующим образом. В зафиксированной на данный момент времени общей модели рассматриваемого региона (региональном фрагменте общей сэндвич-модели [1-3]) активируется целая серия вертикальных связей, образующих сразу несколько различных элементарных вертикальных трубок. Мы поступаем здесь в согласии с основным методологическим принципом моделирования производственных ситуаций, зафиксированных нами ранее: одна трубка всегда соответствует одной производственной задаче и заключает в себя все узлы (т.е. хозяйствующие субъекты, финансовые организации, муниципальные образования и органы управления), задействованные в решении поставленной задачи.

Следует особо отметить, что возникающие таким образом элементарные вертикальные трубки не являются независимыми друг от друга. Они могут оказывать и, как правило, в реальности оказывают значительное влияние друг на друга. Это объясняется следующими обстоятельствами.

Во-первых (группа объективных обстоятельств): выделяемые в отдельное рассмотрение фрагменты сэндвич-модели, как правило, содержат общие элементы, т.е. имеют непустое пересечение. Различные элементарные вертикальные трубки могут содержать даже общие фрагменты целых функциональных плоскостей, так как различные узлы сэндвич-модели, лежащие на соответствующей функциональной плоскости, могут быть одновременно задействованы в решении разных производственных задач и выполнении разных проектов принятой региональной программы.

Различные элементарные трубки могут иметь естественную причинно-следственную связь, когда реализация одного проекта невозможна без предварительной реализации другого. Между такими производственными задачами имеется естественная и объективная технологическая связь.

Кроме того, выделенные проекты могут быть естественным образом завязаны объективными экономическими и финансовыми отношениями. Это особенно хорошо

просматривается в тех случаях, когда финансирование различных проектов производится из одних и тех же источников или же исполнение одного из проектов объективно обусловлено экономической целесообразностью или успешностью исполнения другого.

Во-вторых (группа субъективных и договорных обстоятельств): благодаря объединенности решаемых задач и проектов в общую программу, эти проекты могут оказывать специфическое влияние друг на друга, не выражаемое в непосредственной экономической, технологической или причинно-следственной зависимости решаемых производственных задач.

В реальной жизни выполнение одного из проектов, как правило, является возможным только при условии выполнения других проектов в силу достигнутых предварительных соглашений и договоренностей между сторонами взаимодействия, так как утверждаемые региональные программы развития являются комплексными и долгосрочными.

При достижении договоренностей в предварительном переговорном процессе реализация более выгодных для ОАО «РЖД» проектов оказывается возможной лишь при условии участия компании в менее выгодных для нее проектах, так как реализация перспективных и доходных проектов допускается противоположной стороной лишь при условии выполнения и малопривлекательных для компании обязательств, дополнительных уступок и т. п. Это является естественным и закономерным следствием «торгов» на предварительных переговорах по утверждению общей региональной программы развития и реализации генеральных соглашений с регионами.

Представляется справедливым при формировании интегрированного коэффициента эффективности взаимодействия компании с регионом учитывать эту вторую субъективную группу договорных факторов и обстоятельств. Разумеется, формальное вычисление коэффициента эффективности таких проектов по предыдущей методике [1-3] даст для подобных малопривлекательных проектов крайне низкий результат. Однако совершенно ясно, что невыполнение таких проектов повлечет за собой отказ от реализации крупных доходных программ, обладающих значительным последействием, вызовет снижение доходности компании, во много раз превышающее сиюминутные затраты на исполнение малопривлекательных проектов. Поэтому представляется необходимым разработать такую методику вычисления коэффициента эффективности, чтобы малопривлекательные проекты, обуславливающие исполнение привлекательных проектов, также оценивались достаточно высоко, т.е. методику, учитывающую взаимосвязь и обусловленность различных проектов общей региональ-

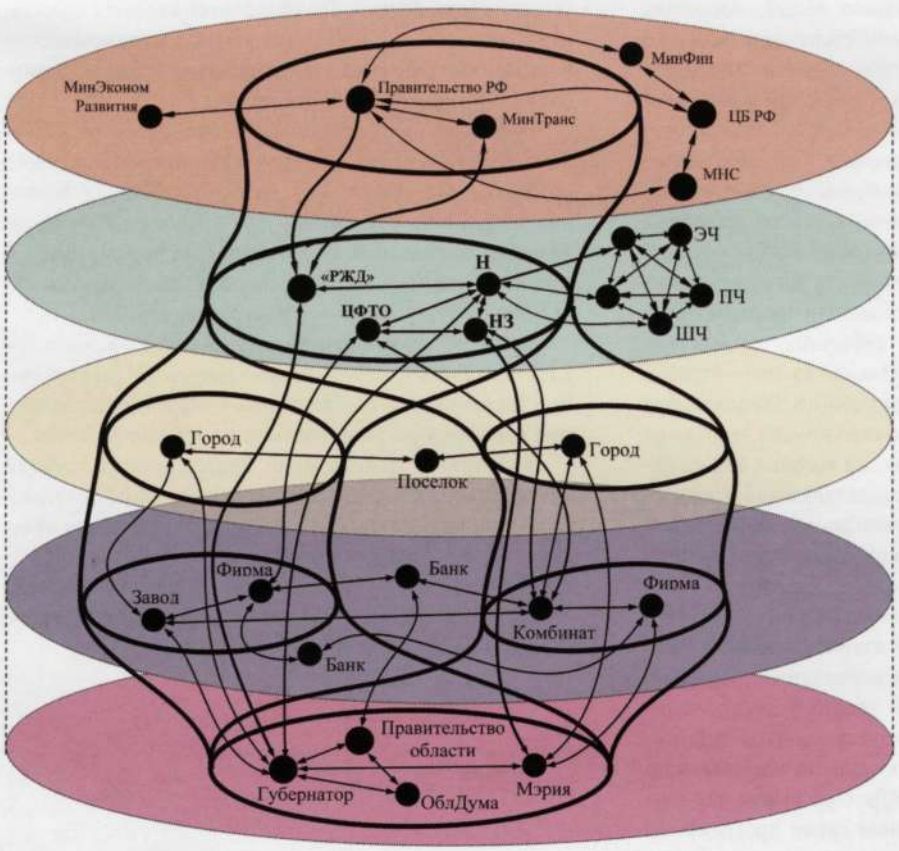


Рисунок 1 – Расположение пары вертикальных трубок при разных производственных задачах

ной программы, принятой на основе реализации генерального соглашения.

Разработка интегрированного коэффициента эффективности и методики его определения с учетом указанных обстоятельств является одной из важных задач.

Описываемая и моделируемая ситуация взаимодействия компании с регионом сразу по нескольким производственным задачам представлена на рис. 1. На этом рисунке изображен фрагмент общей региональной сэндвич-модели. В целях простоты и ясности рисунка, на нем схематично изображены только две вертикальные элементарные трубки. Некоторые стандартные функциональные плоскости сэндвич-модели (например, плоскости грузовых или пассажирских перевозок) не указаны в целях экономии места, хотя в реальности их узлы, разумеется, могут принимать участие в формировании рассматриваемых вертикальных трубок (т.е. участвовать в реализации проектов общей программы).

На рис. 1 показан типичный случай расположения пары вертикальных трубок, соответствующих разным производственным задачам. Как правило, все элементарные трубки имеют общую «верхнюю» и «нижнюю» части - пересекаются по плоскостям инфраструктуры железнодорожного транспорта, региональных управленческих и законодательных структур и сходятся на плоскости федеральных органов управления. Это соответствует реальному положению вещей, поскольку основными взаимодействующими сторонами являются региональные властные структуры с одной стороны, и компания ОАО «РЖД» с другой - эти части у всех элементарных трубок (проектов региональной программы) оказываются общими. «Серединное» же наполнение элементарныхтрубок(конкретныеузлы-исполнител и, задействованные в решении различных производственных задач) может быть разным. Это влечет «расхождение» разных элементарных вертикальных трубок на средних функциональных плоскостях (плоскости промышленных предприятий, хозяйствующих субъектов, социальной плоскости и т.д.) общей региональной сэндвич-модели. Однако, как видно на рис. 1, различные элементарные трубки могут иметь между собой «связующие звенья» на тех функциональных плоскостях, на которых они не пересекаются (например, банк, осуществляющий кредитование различных проектов региональной комплексной программы, как раз является таким «связующим звеном» между различными вертикальными трубками).

На основании приведенного сэндвич-модельного описания ситуации построения взаимоотношений между компанией ОАО «РЖД» с региональными структурами, формируется естественная задача в русле наших исследований: необходимо сконструировать интегрированный коэффициент эффективности комплексного взаимодействия компании «РЖД» с регионом для случая параллельного осуществления серии программных проектов. Искомый коэффициент эффективности должен учитывать все перечисленные выше факторы и особенности такого «параллельного» выполнения проектов на территории региона.

Необходимость разработки интегрированного коэффициента эффективности взаимодействия компании с регионом подробно обосновывалась в предыдущих работах [1-3], поэтому не будем подробно останавливаться на таком обосновании, а отметим лишь основные выводы.

1. Интегрированный коэффициент эффективности взаимодействия необходим для проведения переборных и игровых численных экспериментов как оценивающая функция, значения которой необходимо максимизировать в процессе реального практического осуществления взаимодействия с регионом.

2. Интегрированный коэффициент эффективности служит инструментом оценки деятельности компании ОАО «РЖД» в данном регионе и может быть использован как инструмент сравнения эффективности и качества процессов взаимодействия ОАО «РЖД» в разных регионах страны.

3. Интегрированный коэффициент эффективности является важнейшим элементом из серии интегрированных параметров, адекватно характеризующих процессы взаимодействия компании ОАО «РЖД» с регионами и территориями России. Его разработка является важнейшим звеном в научном исследовании и практическом построении процессов взаимодействия крупных корпораций с регионами и территориями.

Перейдем непосредственно к разработке и экономико-математической формализации интегрированного коэффициента эффективности взаимодействия компании ОАО «РЖД» с регионом для общего случая параллельного исполнения серии проектов, находящихся в рамках некоторой утвержденной (зафиксированной) комплексной региональной программы развития.

Договоримся нумеровать натуральными числами $\tau = 1,2,3$ параллельно исполняемые проекты Π^m (вертикальные элементарные трубки сэндвич-модели), составляющие комплексную региональную программу развития.

Возьмем за основу нами предложенный общий коэффициент k^m эффективности и методику его практического вычисления для каждого проекта Π^m в отдельности. Формула для вычисления коэффициента эффективности взаимодействия по проекту Π^m в наших новых обозначениях выглядит следующим образом (см. [1-3]):

$$k^m = \frac{D^m_{\text{прогн}}}{D^m_{\text{прогн}} + \frac{1}{T}\sum_{i=1}^{T}\left(\sum_{j=1}^{s}(D^j_{\text{ден}})^m_i\right) + \frac{1}{T}\sum_{i=1}^{T}\left(\sum_{j=s+1}^{n-q+l}\left|(R^j_{\text{уб}})^m_i\right|\right)}$$

В этом выражении T - продолжительность программы (дальность планирования), выраженная в количестве отчетных единиц (периодов времени) охватываемой перспективы (например T= 10 *лет* .).

В числителе дроби стоит величина $D^m_{\text{прогн}}$ - прогнозируемый усредненный доход в единицу времени компании ОАО «РЖД» от реализации проекта Π^m (осуществляемой изолированно от остальных проектов). В указанной величине $D^m_{\text{прогн}}$ учитывается доход от инвестиционной деятельности, инфляционные процессы, выгода компании ОАО «РЖД» от последействия проекта Π^m (возрастание объема перевозок, объемов погрузки-выгрузки и т.д.). Формульное выражение и методика определения величины $D^m_{\text{прогн}}$ указана в [2, 3].

Величина $(R^j_{\text{уб}})^m_i$ - убытки компании в i-ый отрезок времени (год) в результате взаимодействия с некоторым хозяйствующим узлом P_j в рамках проекта Π^m. Здесь узел P_j инвестируется привлеченными или заемными средствами. С математической точки зрения, $(R^j_{\text{уб}})^m_i$ - величина отрицательная. Соответственно, модуль этой величины $\left|(R^j_{\text{уб}})^m_i\right|$, стоящий в знаменателе выражения для k^m, можно трактовать как объем средств, которые можно было бы сэкономить, отказавшись от взаимодействия с узлом P_j в указанной форме.

В знаменателе выражения для вычисления коэффициента эффективности k^m по проекту Π^m, кроме прогнозируемого усредненного дохода в единицу времени $D^m_{\text{прогн}}$ компании P_{II}, находятся еще два неотрицательных слагаемых:

$$\frac{1}{T}\sum_{i=1}^{T}\left(\sum_{j=1}^{s}(D^j_{\text{деп}})^m_i\right)$$ - усредненный возможный альтернативный доход компании P_0 в единицу времени, который мог бы быть получен в случае полного отказа от инвестиционной деятельности по проекту Π^m в регионе и альтернативного размещения всего объема инвестированных средств компании на банковских депозитах;

$$\frac{1}{T}\sum_{i=1}^{T}\left(\sum_{j=s+1}^{n-q+1}\left|(R^j_{\text{уб}})^m_i\right|\right)$$ - усредненный возможный объем сэкономленных средств компании P_0 в единицу времени, который был бы сохранен компанией в случае полного отказа от дебиторской инвестиционной деятельности в рамках проекта Π^m с узлами - предприятиями региона.

Отметим, что приведенная формула фактически заключает в себе методику практического (компьютерного) вычисления указанного коэффициента k^m.

Таким образом, в нашем случае наличие серии $\{\Pi^m,\ \tau = 1,2,3,...\}$ параллельно исполняемых проектов дает возможность вычислить коэффициент эффективности k^m каждого проекта серии в отдельности, как если бы он исполнялся изолированно от других проектов, без учета взаимосвязей и взаимообусловленности этих проектов (вертикальных элементарных трубок).

Основной идеей определения и вычисления интегрированного коэффициента эффективности взаимообусловленных (зависимых друг от друга) проектов является их модельное слияние, т.е. гипотетическое объединение группы зависимых проектов в одну вертикальную (уже не являющуюся элементарной!) трубку региональной сэндвич-модели.

Опишем и продемонстрируем процедуру модельного слияния взаимообусловленных проектов на простейшем примере - реализации пары проектов Π^{m_i} и Π^{m_j}, причем исполнение выгодного для ОАО «РЖД» проекта Π^{m_i} поставлено в зависимость от исполнения малопривлекательного проекта Π^{m_j} (например, в силу некоторых договорных обязательств, исполнение выгодного проекта Π^{m_i} невозможно без исполнения малопривлекательного проекта Π^{m_j}). Схематично эта ситуация изображена на рис. 2.

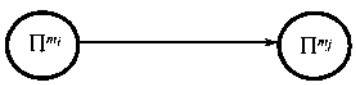


Рисунок 2 - Простейшая схема модельного слияния проектов

Объединим элементарные трубки, соответствующие проектам Π^{m_i} и Π^{m_j}, в одну вертикальную трубку сэндвич модели, т.е. станем рассматривать все узлы (предприятия, организации, управленческие структуры), задействованные в реализации проектов Π^{m_i} и Π^{m_j}, как единое вертикальное сечение $\Pi^{m_i} \cup \Pi^{m_j}$. Обозначим получившееся (уже не элементарное!) вертикальное сечение через $\Pi^{m_i m_j}$. Будем теперь рассматривать вертикальное сечение $\Pi^{m_i m_j}$ как единый проект региональной программы, неотъемлемыми составляющими которого являются производственные задачи Π^{m_i} и Π^{m_j}.

Очевидно, что для подобного объединенного проекта $\Pi^{m_i m_j}$ становится возможным, пользуясь общей методикой определения коэффициента эффективности изолированных проектов, вычислить его новый коэффициент эффективности, который обозначим через $k^{m_i m_j}$.

Назовем показатель $k^{m_i m_j}$ интегрированным коэффициентом эффективности объединенных проектов Π^{m_i} и Π^{m_j}. Отметим, что фактически, согласно разработанной методике вычисления, коэффициент $k^{m_i m_j}$ вычисляется независимо от значений коэффициен-

тов эффективности k^{m_i} и k^{m_j} каждого проекта в отдельности, так как для определения величины $k^{m_i m_j}$ используются новые исходные данные, а величины k^{m_i} и k^{m_j} в формуле для определения $k^{m_i m_j}$ не участвуют. Действительно, в паре объединенных проектов $\Pi^{m_i m_j}$ становятся иными суммарные объемы инвестиций по обоим проектам, доходы по кредитам и их распределение по времени, выгода компании ОАО «РЖД» от последействия проектов распределяется между двумя проектами, изменяется возможный альтернативный доход компании от размещения инвестируемых средств на банковских депозитах и т.п. Фактически изменяются все факторы, учитываемые при вычислении коэффициента эффективности и задействованные в его аналитическом математическом выражении.

Проанализируем подробно, что происходит с коэффициентом эффективности при слиянии пары взаимообусловленных проектов Π^{m_i} и Π^{m_j} в объединенный проект $\Pi^{m_i m_j}$ Общая структура (схематичный качественный облик аналитического выражения) коэффициента эффективности k^m взаимодействия компании по произвольному проекту Π^m имеет следующий вид:

$$k^m = \frac{D^m}{D^m + Alt^m}$$

где D^m- усредненный доход (в той или иной форме прогнозируемый или уже полученный) от реализации проекта Π^m. Эта величина формируется из доходов от последействия проекта Π^m, дохода от инвестиционной деятельности, оплаты за кредиты, дохода от реализации самого проекта и т.п.;

Alt^m - возможный альтернативный доход компании в случае отказа от реализации проекта Π^m. Эта величина формируется из доходов по банковским депозитам (как если бы средства, направленные на реализацию проекта Π^m, были размещены на банковских депозитах), объемов сэкономленных средств и ресурсов в случае полного отказа от исполнения проекта Π^m и т.п. Очевидно, что $0 < k^m < 1$ и что коэффициент эффективности проекта Π^m возрастает с ростом дохода D^m и уменьшается с ростом альтернативного дохода Alt^m.

Величина ψ^m, обратная к коэффициенту эффективности k^m (условно назовем ее степенью бесполезности проекта Π^m для компании), имеет вид:

$$\psi^m = \frac{1}{k^m} = \frac{D^m + Alt^m}{D^m} = 1 + \frac{Alt^m}{D^m}$$

Очевидно, что степень бесполезности проекта всегда больше единицы, $1 < \psi^m < +\infty$, и что степень бесполезности превосходит единицу на ухудшающее слагаемое $\frac{Alt^m}{D^m}$, которое можно трактовать как соотношение альтернативного дохода к реальному доходу при исполнении проекта Π^m (т.е. чем больше указанное соотношение, тем менее привлекателен проект Π^m).

При слиянии пары проектов Π^{m_i} и Π^{m_j} в объединенный проект $\Pi^{m_i m_j}$ в простейшем случае взаимообусловленности проектов (т.е. при отсутствии дополнительных взаимосвязей между проектами, увеличивающих или уменьшающих доходность проектов при их совместном исполнении), очевидно, происходит слияние их реальных доходных частей

$$D^{m_i m_j} = D^{m_i} + D^{m_j}$$

и слияние их альтернативных доходных частей

$$Alt^{m_i m_j} = Alt^{m_i} + Alt^{m_j}.$$

Следовательно, коэффициент эффективности взаимодействия по объединенному проекту $\Pi^{m_i m_j}$ будет иметь следующий (качественный) вид:

$$k^{m_i m_j} = \frac{D^{m_i m_j}}{D^{m_i m_j} + Alt^{m_i m_j}} = \frac{D^{m_i} + D^{m_j}}{(D^{m_i} + D^{m_j}) + (Alt^{m_i} + Alt^{m_j})}$$

а степень бесполезности объединенного проекта (обратная величина к коэффициенту эффективности) имеет вид:

$$\psi^{m_i m_j} = \frac{1}{k^{m_i m_j}} = \frac{(D^{m_i} + D^{m_j}) + (Alt^{m_i} + Alt^{m_j})}{D^{m_i} + D^{m_j}} =$$

$$= 1 + \frac{Alt^{m_i} + Alt^{m_j}}{D^{m_i} + D^{m_j}}.$$

Видно, что ухудшающим слагаемым, увеличивающим степень бесполезности проекта $\Pi^{m_i m_j}$, является величина $\frac{Alt^{m_i} + Alt^{m_j}}{D^{m_i} + D^{m_j}}$, т.е. отношение суммарного альтернативного дохода обоих проектов к реальному доходу проектов.

Рассмотрим ситуацию (весьма характерную для реальной обстановки), когда исполнение присоединяемого обуславливающего малопривлекательного для ОАО «РЖД» и малодоходного проекта Π^{m_i} навязано компании «РЖД» в обмен на исполнение выгодного и высокодоходного проекта Π^{m_j}. В этом случае имеем $k^{m_j} >> k^{m_i}$, и при этом, с точки зрения компании ОАО «РЖД», коэффициент эффективности k^{m_i} весьма близок к нулю $k^{m_i} \approx 0$.

Поскольку $k^{m_i} = \frac{D^{m_i}}{D^{m_i} + Alt^{m_i}} \approx 0$, то реальная доходность малопривлекательного проекта близка к нулю $D^{m_i} \approx 0$ так как альтернативный доход при от-

казе от исполнения любого проекта всегда неотрицателен, $Alt^{m_i} > 0$.

Для ясности дальнейших выводов, представим себе предельный случай D^{m_j} =0 - реальная доходность малопривлекательного навязанного проекта Π^{m_j} нулевая. В этом предельном случае качественные выражения для коэффициента эффективности $k^{m_i m_j}$ и степени бесполезности $\psi^{m_i m_j}$ объединенного проекта $\Pi^{m_i m_j}$ приобретают следующий вид:

$$k^{m_i m_j} = \frac{D^{m_i m_j}}{D^{m_i m_j} + Alt^{m_i m_j}} = \frac{D^{m_j}}{D^{m_j} + (Alt^{m_i} + Alt^{m_j})},$$

$$\psi^{m_i m_j} = \frac{1}{k^{m_i m_j}} = \frac{D^{m_j} + (Alt^{m_i} + Alt^{m_j})}{D^{m_j}} =$$

$$= 1 + \frac{Alt^{m_i} + Alt^{m_j}}{D^{m_j}} = 1 + \frac{Alt^{m_j}}{D^{m_j}} + \frac{Alt^{m_i}}{D^{m_j}}.$$

Поскольку $1 + \frac{Alt^{m_i}}{D^{m_j}} = \frac{1}{k^{m_i}} = \psi^{m_j}$, то:

$$\psi^{m_i m_j} = \frac{1}{k^{m_i m_j}} = 1 + \frac{Alt^{m_j}}{D^{m_j}} + \frac{Alt^{m_i}}{D^{m_j}} = \psi^{m_j} + \frac{Alt^{m_i}}{D^{m_j}},$$

откуда видно, что ухудшающим слагаемым (при присоединении к эффективному проекту Π^{m_j} малопривлекательного проекта Π^{m_i}) является величина $\frac{Alt^{m_i}}{D^{m_j}}$

- соотношение возможного альтернативного дохода присоединяемого малопривлекательного проекта Π^{m_i} к реальному ожидаемому доходу от высокоэффективного проекта Π^{m_j}.

Из выписанных выражений для степени бесполезности объединенного проекта $\Pi^{m_i m_j}$ (в случае соотношения $k^{m_i} > k^{m_i}$ для эффективностей объединяемых проектов) вытекает очевидное и естественное с практической точки зрения неравенство:

$$k^{m_i} < k^{m_i m_j} < k^{m_j}$$

- коэффициент эффективности объединенного проекта $\Pi^{m_i m_j}$ всегда оказывается ниже эффективности наиболее выгодного проекта Π^{m_j}, но слияние проектов повышает эффективность малопривлекательного проекта Π^{m_i}.

Видно, что определяемый при слиянии проектов коэффициент эффективности объединенных проектов решает задачу, поставленную в начале настоящей статьи, так как его величина как раз и учитывает влияние проектов друг на друга в случае обусловленности одного проекта (выгодного) другим (малопривлекательным). Такая методика определения интегрированного коэффициента эффективности как раз и придает больший вес экономически малопривлекательным проектам, необходимым к исполнению лишь для реализации экономически выгодных пунктов региональной программы. В то же время, поскольку присоединение малоэффективного проекта снижает коэффициент эффективности выгодного проекта, следует понимать, что принятие большого числа малопривлекательных пунктов региональной программы может существенно снизить общий интегрированный показатель эффективности ее взаимодействия в данном регионе. Степень возможного снижения интегрированного коэффициента эффективности объединенных проектов региональной программы (степень возможных уступок на переговорах) должна определяться экономической целесообразностью, а в некоторых случаях и политической.

Из приведенного анализа поведения коэффициента эффективности при слиянии взаимообуславливающих проектов также следует еще один важный практический вывод. При слиянии проектов в единую региональную программу ухудшающими слагаемыми, снижающими интегрированный коэффициент эффективности, являются отношения $\frac{Alt^{mi}}{D^{mj}}$ возможного альтернативного дохода присоединяемых малопривлекательных проектов Π^{m_i} к реальному ожидаемому доходу от высокоэффективных проектов Π^{m_j}. Отсюда вытекает стратегическое направление ведения переговоров и всего согласительного процесса при разработке и утверждении региональных программ: ***для повышения эффективности взаимодействия в регионе компании ОАО «РЖД» необходимо добиваться уменьшения соотношений*** $\frac{Alt^{mi}}{D^{mj}}$ ***по каждому малопривлекательному проекту*** Π^{m_i}***, навязываемому железной дороге.***

Проанализируем теперь общий случай серии параллельно исполняемых проектов $\{\Pi^{m}, m = 1,2,3,...\}$, находящихся в рамках общей (принятой) региональной программы развития. Всю совокупность таких проектов, в реализации которых в той или иной форме задействована компания ОАО «РЖД», можно условно разделить на четыре класса, рис. 3.

$$\left\{\Pi^{m},\ m = 1,2,3,...\right\} = \Pi_{убыт} \cup \Pi^{-}_{общ} \cup \Pi^{+}_{общ} \cup \Pi_{выс}$$

Опишем указанные классы разбиения:

$\Pi_{убыт}$ - совокупность малопривлекательных для ОАО «РЖД» проектов, которые ничем не обусловлены и не взаимосвязаны с остальными проектами программы. Появление и реализация компанией таких проек-

тов крайне маловероятно, но теоретически возможно. Характерный пример - строительство на средства ОАО «РЖД» детского дошкольного учреждения в некотором рабочем поселке, население которого целиком занято на предприятиях компании, с последующей передачей этого учреждения в муниципальную собственность. Коэффициент эффективности подобных проектов равен нулю.

$\Pi^{-}_{обуст}$ -совокупность малопривлекательных сточки зрения компании региональных проектов (коэффициент эффективности каждого из которых в отдельности близок к нулю), исполнение которых обуславливает реализацию некоторых выгодных для компании проектов. Проекты $\Pi^{-}_{обуст}$ «навязаны» железной дороге в обмен на возможность реализации некоторых более

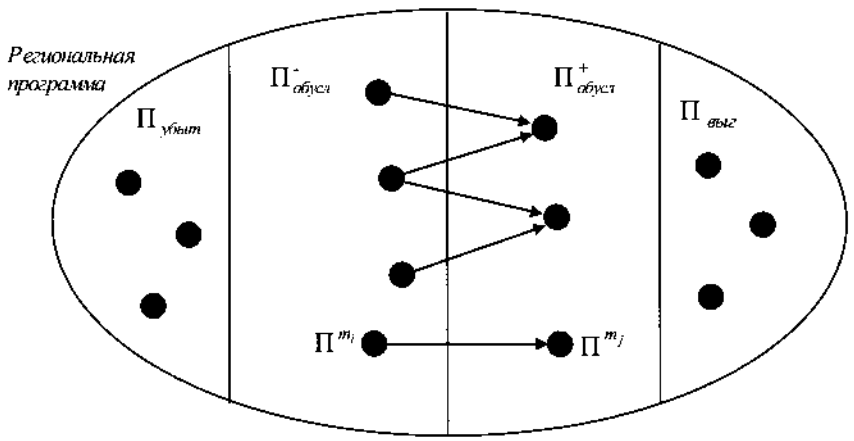


Рисунок 3 – Классификация проектов

привлекательных программ. Характерными примерами таких малопривлекательных проектов и обязательств являются содержание малодеятельных линий, организация пригородных перевозок, осуществление льготных перевозок (оплата за которые постфактум производится из региональных бюджетов), участие в исполнении каких-либо социальных программ и т.п. Ясно, что осуществление подобной деятельности является экономически нецелесообразным для компании ОАО «РЖД», однако, как правило, осуществление такой деятельности позволяет добиться значительных уступок и выгод в общей региональной программе, получить определенные преференции на других проектах.

$\Pi^{+}_{обуст}$ - группа выгодных и привлекательных проектов, обладающих высоким коэффициентом эффективности, значительной выгодой от их реализации (последействием), но исполнение которых поставлено (в силу договорных обязательств) в прямую зависимость от реализации малопривлекательных проектов группы $\Pi^{-}_{обуст}$. Характерными примерами таких проектов являются строительство грузовых терминалов, подъездных путей к промышленным предприятиям, организация транспортных коридоров и т. п. Экономическая эффективность подобных задач очень велика и имеет долгосрочную перспективу.

$\Pi_{внг}$ - группа обособленных выгодных для компании ОАО «РЖД» проектов, каждый из которых в отдельности обладает высоким коэффициентом эффективности, которые не обусловлены никакими другими проектами, исполнение которых не обусловлено дополнительными обязательствами. Реализация подобных обособленных проектов носит локальный региональный характер. Формальное же математическое значение их коэффициента эффективности оказывается достаточно высоким лишь по причине малости инвестиций.

Мы предлагаем, прежде всего, при определении интегрированного коэффициента эффективности не учитывать (просто откидывать из рассмотрения) малочисленную группу убыточных проектов $\Pi_{убыт}$.

Из приведенного разбиения совокупности проектов общей региональной программы и проделанного предшествующего анализа, становится ясной методика определения и последующего вычисления интегрированного коэффициента эффективности $k_{инт}$ взаимодействия компании с регионом. Необходимо объединять группы $\Pi_{внг}$, $\Pi^{-}_{обуст}$ и $\Pi^{-}_{обуст}$ взаимообусловленных проектов программы в единый комплексный региональный проект $\Pi_{рег.}$ и вычислять интегрированный коэффициент эффективности $k_{инт}$ такого комплексного проекта, пользуясь методикой, разработанной в работах [1-3].

Из проделанного анализа вытекают следующие соотношения для величины интегрированного коэффициента эффективности взаимодействия:

$0 < k_{инт} < 1$ - нормированность коэффициента эффективности;

$\min_m\{k^m\} < k_{инт} < \max_m\{k^m\}$ - интегрированный коэффициент эффективности взаимодействия всегда меньше коэффициента эффективности самого перспективного и выгодного проекта, и всегда больше коэффициента эффективности самого малопривлекательного проекта региональной программы.

Формальное математическое выражение интегрированного коэффициента эффективности $k_{инт}$ дается следующей формулой (имеющей точно такую же структуру, что и использованная в нашем предварительном анализе качественная формула $k^m = \frac{D^m}{D^m + Alt^m}$):

$$k_{инт} = \frac{\sum_{m=1}^{N} D^m_{прогн}}{\sum_{m=1}^{N} D^m_{прогн} + \sum_{m=1}^{N}\left(\frac{1}{T}\sum_{i=1}^{T}\left(\sum_{j=1}^{s}(D^j_{дог})^m_i\right)\right) + \sum_{m=1}^{N}\left(\frac{1}{T}\sum_{i=1}^{T}\left(\sum_{j=s+1}^{n-q+l}\left|(R^j_{уб})^m_i\right|\right)\right)},$$

где N - общее число проектов (пунктов региональной программы), составляющих объединенную группу $\Pi^-_{обуст} \cup \Pi^+_{обуст} \cup \Pi_{выг}$ проектов;

$\sum_{m=1}^{N} D^m_{прогн}$ - суммарный усредненный (прогнозируемый или полученный) доход компании от реализации проектов группы $\Pi_{обуст} \cup \Pi^+_{обуст} \cup \Pi_{выг}$;

$$\sum_{m=1}^{N}\left(\frac{1}{T}\sum_{i=1}^{T}\left(\sum_{j=1}^{s}(D^j_{дог})^m_i\right)\right) + \sum_{m=1}^{N}\left(\frac{1}{T}\sum_{i=1}^{T}\left(\sum_{j=s+1}^{n-q+l}\left|(R^j_{уб})^m_i\right|\right)\right)$$

- суммарный альтернативный доход в случае полного отказа от исполнения серии проектов группы $\Pi_{обуст} \cup \Pi^+_{обуст} \cup \Pi_{выг}$.

В результате выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Для определения общего интегрированного коэффициента эффективности $k_{инт}$ взаимодействия ОАО «РЖД» с регионом, осуществляемого по ряду проектов, объединенных в единую региональную программу, принимаемую на основе Генеральных соглашений с регионами, необходимо применять процедуру модельного слияния проектов (пунктов программы), предложенную в настоящей работе.

2. На переговорном процессе по принятию и утверждению региональных программ, стратегической линией компании ОАО «РЖД» должно являться уменьшение «ухудшающих слагаемых» вида $\frac{Alt^{m_i}}{D^{m_j}}$, т.е. для повышения показателя эффективности взаимодействия компании с регионом необходимо добиваться уменьшения соотношений $\frac{Alt^{m_i}}{D^{m_j}}$ по каждому малопривлекательному проекту $\mathbf{\Pi}^{mi}$, навязываемому железной дороге в обмен на возможность реализации высокоэффективных программ Π^{mj}.

3. Совершенно справедливым представляется вывод о том, что увеличение количества выгодных перспективных проектов из групп $\Pi^+_{обуст} \cup \Pi_{выг}$ увеличивает эффективность работы компании в регионе. В это же время, увеличение количества и веса «обременительных» малопривлекательных проектов группы $\Pi_{обуст}$ в региональной программе снижает эффективность работы компании с регионом. Отыскание правильного и взаимоустраивающего баланса числа и веса тех и других проектов необходимо выполнять до начала переговорного процесса. Это позволит усилить аргументацию компании на переговорном процессе и заблаговременно оценить возможности и последствия тех или иных уступок региону.

4. Указанная методика определения и вычисления интегрированного коэффициента эффективности $k_{инт}$ взаимодействия ОАО «РЖД» с регионом на основе принятой региональной программы достаточно просто может быть реализована в компьютерном виде с целью непосредственного применения в практической деятельности компании.

Литература

1. Шутюк СВ.. Математическая формализация оценки эффективности взаимодействия компании «РЖД» с регионами / МИИТ. - М.: Мир транспорта. - 2005. - № 2 .

2. Сай В.М. Моделирование коэффициента эффективности взаимодей-ствия ОАО «РЖД» с хозяйствующими субъектами. - Ростов-на-Дону: РГОТУПС, 2005.

3. Сай В.М., Шутюк СВ., Афанасьева Н.А. Моделирование и исследование коэффициента взаимодействия ОАО «РЖД» с хозяйствующими субъектами . - Екатеринбург: УрГУПС, 2005 .

Шаталова Н.И.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОЦИАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ РАЗВИТИЯ ТРУДОВОГО ПОТЕНЦИАЛА РАБОТНИКА ТРАНСПОРТА



Нина Ивановна Шаталова,
доктор социологических наук, профессор (УрГУПС).

Под трудовым потенциалом личности автор понимает меру наличных ресурсов и возможностей, непрерывно формируемых в процессе всей жизни работника, реализуемых в трудовом поведении и определяющих его реальную плодотворность. На основе своего трудового потенциала взрослый человек становится членом общества [1] .

Трудовой потенциал работника состоит из пяти компонентов и включенных в них элементов:

психофизиологические (пол, возраст, способности, характерологический тип, работоспособность, выносливость, состояние здоровья и т.п.);

статусные (уровень образования, квалификация, должность, заработок, внешняя социальная поддержка, элемент «везения», семейный статус и пр.).

адаптационные (активность, творчество, предприимчивость, мобильность, уровень зрелости механизма саморазвития, стабильность жизненного самоопределения и т.п.);

ценностно-ориентационные (цели, установки, потребности, мотивы и направленность личности, нравственные ориентиры, уровень социальной зрелости, чувства, эмоции, трудолюбие, честолюбие и т.п.);

нормативно-ролевые (общая культура личности, ее профессиональная культура, усвоенные социальные нормы общества, организационной культуры предприятия и трудовой группы и т.п.);

Трудовой потенциал как мера наличных ресурсов и возможностей работника обеспечивает многие процессы в обществе:

- взаимодействие людей (взаимообмен результатами труда);
- дает основу для формирования социального запроса общества и предприятия на требуемые качества работника;
- создает условия для социальной ориентации личности (чтобы быть востребованным на рынке труда, необходимо учитывать потребности в работнике определенного качества, т.е. необходимых обществу: профессии, квалификации, инновационных и творческих возможностей и т.п.);
- формирует базу оценки социальной значимости личности.

Оценка трудового потенциала находится в зависимости от меры необходимости и полезности работника. Вознаграждение за труд, не исключая торга за цену, является средством взаимной компенсации интересов общества и работника. Если общество не устраивает качество трудового потенциала, оно мобилизует резервы для приведения в соответствие потребности и предложения (путем контроля, обучения, перевода на другую работу или увольнения). Таким образом, трудовой потенциал работника выступает как сфера пересечения интересов общества и личности, от чего оба участника взаимодействия ожидают получить выгоду.

В научной литературе существуют три основных трактовки развития:

1. Как необратимых качественных изменений.
2. Как мировой трансформации, куда включаются прогрессивные и регрессивные изменения.
3. Как бесконечного движения от низшего к высшему, от простого к сложному.

Не может быть одной точки зрения на какое-либо явление. Применимость их обусловливается особенностями объекта и целью изучения. Поэтому, не подвергая содержательному анализу другие, скажем, что для нашего предмета в наибольшей мере подходит вторая точка зрения.

Развитие трудового потенциала личности - это процесс, который характеризует его, и который состо-

ит из превращений возможностей в действительность: возможности умирают, осуществляясь; действительность порождает новые возможности не всегда более высокого порядка.

Такие трансформации - не обязательно восхождение на новую, более сложную, высшую ступень. В реальной жизни человек постоянно меняется во времени: взрослеет или старится, происходит усложнение системы его способностей, приобретается жизненный опыт, меняются ценностные ориентации, совершенствуется система адаптации и т.п. Все это может сопровождаться регрессом в состоянии здоровья, снижением работоспособности, снижением творческих возможностей и т.п. То же самое может произойти в результате болезни, несчастного случая.

Реальная действительность и состояние общества на новом витке развития может предоставлять меньше возможностей. Так, переход к рынку, будучи безусловно прогрессивным (с точки зрения глобального развития России), уменьшил возможности роста миллионов людей, ограничив доступ к образованию, чтению, потреблению культуры, отдыху, приятному досугу и т.п. Увеличилась возможность деградации личности вследствие широкого распространения произведений массовой культуры, легализации контркультуры (так называемого «блатного» мира) и субкультур "крутой" части населения.

На конкретном уровне нельзя не учитывать, что нисходящее и восходящее в развитии равноправны. Более того, ***нисходящее по отношению к трудовому потенциалу бывает более мощным по силе воздействия и необратимости процессов.*** Это необходимо иметь в виду, особенно при разработке прогнозов, чтобы не впасть в "грех" простой экстраполяции.

Трудовой потенциал развивается, функционируя, и функционирует, развиваясь. Это закон саморазвития, прогрессивной внутренней эволюции. При этом появляются новые, изменяются и исчезают старые элементы его структуры. Саморазвитие трудового потенциала состоит в порождении новых прогрессивных его элементов взамен существующих старых, в борьбе между старыми и новыми элементами. В этой борьбе старые и новые элементы трудового потенциала многократно повторяются и воспроизводятся.

Приведем в пример изменение ценностных ориентации.

В настоящее время происходит коренная ломка привычных ценностей и становление рыночной психологии. В реальном поведении людей они постоянно пересекаются и воспроизводятся, но с течением времени это воспроизведение меняет свой характер. Как показывают многочисленные исследования социологов, представление о рынке как огромном базаре, постепенно уходит. Более того, частота воспроизведения старых элементов более или менее быстро уменьшается, а частота воспроизведения новых элементов соответственно увеличивается. Так что процесс саморазвития трудового потенциала, как и любое саморазвитие, идет "по спирали". То же можно сказать об уровне профессионализма, адаптированности к рынку и пр.

Механизм саморазвития трудового потенциала личности внешне выглядит как индивидуальная и социальная эволюция его структуры, которая за определенный исторический период приводит к заметному прогрессу трудового потенциала общества. Сущность этой эволюции заключается во взаимодействии социальных и личных потребностей, порождающих и обусловливающих ряд изменений:

- статику и динамику трудовой и профессиональной мотивации;
- возникновение новых и преобразование известных целей;
- достижение новых результатов слегка видоизмененными старыми способами и старых результатов новыми, рационализированными способами;
- новое осмысление и полезное видоизменение старых технологий, разработку и внедрение новых технологий.

Уже сам факт исторического развития трудового потенциала и массовость инновационного поведения (в широком смысле слова) позволяют допускать принципиальную возможность эволюции трудового потенциала любого работника. Понятно, что объективная возможность становится действительностью лишь при наличии субъективных возможностей, т.е. личных склонностей и способностей человека.

Человек включен в работу всей своей личностью. Но элементы трудового потенциала в процессе выполнения конкретной работы выполняют неравнозначную роль. В связи с этим их можно разделить на две группы:

- *основные,* необходимые для осуществления трудового процесса;
- *обслуживающие* качественное выполнение работы.

Приведем в пример работу представителя такой массовой, известной всем профессии, как продавец. Для того чтобы ее выполнять, необходимо обладать рядом основополагающих знаний, навыков и умений - знание ассортимента, цен и условий хранения товара, навыки работы с покупателями, умение подобрать товар по вкусу потребителя и т.п. Но для того, чтобы выполнять работу качественно, важно иметь еще ряд

свойств: коммуникабельность и дар убеждения, эстетический вкус, знание современной моды, приятную внешность и др. Учет этого позволяет разработать:

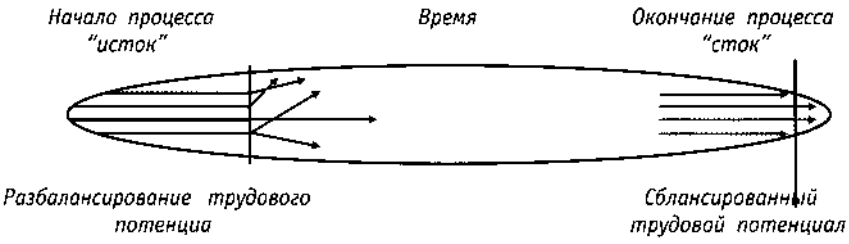
- основные направления обучения специалиста (перечень дисциплин);
- наиболее продуктивные формы и методы подготовки специалиста;
- рациональные пути распределения и использования работников;
- направления, где необходимо концентрировать особое внимание, ресурсы и соответственно упорядочить организационную структуру и технологию управления.

Учет этого позволяет умело использовать трудовой потенциал работников и те возможности, которые имеются в обществе.

Путем выделения в трудовом потенциале *отдельных фаз его формирования и функционирования,* в соответствии с конкретными условиями, можно проделать следующее:

- найти наиболее рациональное сочетание элементов;
- выявить степень проявления в трудовом потенциале различных его элементов;
- установить ориентацию его потока на повышение меры развития и меры реализации.

Это особенно важно в условиях "разбаланса" трудового потенциала в условиях инновационной деятельности, когда необходимо сократить временной промежуток между его дисбалансом и приведением в сбалансированное состояние (см. рисунок).



Процесс движения трудового потенциала в условиях изменений на производстве

На рисунке отражается общий вид процесса оптимизации трудового потенциала по фазам инновационного процесса. Важно обратить внимание на то, что существуют основные элементы трудового потенциала личности, которые служат выполнению цели производства, и те, которые обеспечивают дополнительные. Такое выделение в конкретных условиях способствует более четкой ориентации всего потока и его отдельных элементов на определенное направление, что поможет концентрировать ресурсы посредством наиболее рационального их использования и увеличит эффективность решения поставленных задач за счет реализации резервов, вскрытых при ориентации и переориентации процессов-потоков.

Новый уровень, порожденный потребностью общества и времени (техника, технология, демократические социальные институты и т.п.), должен получить распространение для того, чтобы произошло изменение в отдельных профессионалах и тем более - в популяции профессионалов. Короче говоря, новация должна индивидуально и социально распространяться. При этом ее индивидуальное распространение внешне выглядит как повторение, а социальное - как множественные повторения. Происходит массовое подражание социально продвинутым личностям, а через подражание - усвоение новых социальных ролей. В процессе распространения нового путем повторений происходит его индивидуальное и социальное усвоение, а одновременно - и устаревание.

Обновление старых элементов трудового потенциала и устаревание его новых элементов - это два противоборствующих и сосуществующих процесса в саморазвитии работника. Особенно важно это учитывать в профессиональном обучении, где сочетаются индивидуальное и социальное обновления в развитии трудового потенциала.

Индивидуальное обновление должно пониматься как формирование профессиональных умений, т.е. развитие творческого применения профессиональных знаний и навыков.

Социальное обновление понимается как коллективное усвоение специфическими методами: "мозгового штурма", коллективным решением новых задач и т.п.

С этих же позиций выделяются индивидуальное и социальное подражания: *индивидуальное подражание* личности выступает как основанное на повторении усвоение нормативных знаний, формирование навыков, а *социальное подражание* - как коллективный обмен опытом, наставническая деятельность и т.п.

Все эти процессы тесно взаимосвязаны, сосуществуют и противоборствуют, помогают и мешают друг

другу (без хорошо усвоенной трудовой операции нечего изменять, но слишком упроченный навык препятствует изменению).

Сказанное выше имеет значение для практики обучения профессионала, так как процессы обновления и подражания присутствуют в каждом учебном действии. Во взаимодействии обучающего и обучаемого далеко не все вербализовано или может быть вербализовано (см. исследования по психологии профессионального обучения В.Д.Шадрикова) [2,3]. Поэтому в процессе обучения профессии, т.е. выработке трудового потенциала профессионала, необходимо не только "проговаривать" неизвестный материал, давать алгоритмы операций, но и выстраивать невербальные образы и практиковать "познание действием", т.е. давать практический опыт владения материалом.

К сожалению, в последнее время в российской действительности возникла ситуация, когда сокращаются учебные часы на производственную практику, особенно для обучающихся в высших учебных заведениях. Причина этого чисто прозаическая: необходимо сокращение учебных часов для уменьшения количества преподавателей. Но логика эта слишком недальновидна, а с точки зрения усвоения учащимся материала губительна.

Обучение - это очень сложный, новаторский процесс: в попытках понимания и воспроизведения изучаемого материала всегда имеются новации. Они бывают ошибочными и вредными, но часто и полезными. Лишь по прошествии времени и многочисленных попыток профессиональные навыки формируются и становятся частью трудового потенциала личности.

Таким образом, единство новации и подражания обусловливает саморазвитие трудового потенциала работника. Отсюда можно вывести ряд следствий, небесполезных для подготовки работника:

Во-первых, *обучение должно быть развивающим.* Специалисты в области педагогики в настоящее время много говорят о развивающем обучении. Но, к сожалению, сущность его в педагогической литературе так и не определилась [4]. О развивающем обучении говорится обычно как о развитии учащегося. Думается, это не совсем так. С точки зрения излагаемой концепции, развивающее обучение - это обучение, в котором получает новый уровень вся структура трудового потенциала, т.е., наряду с навыками и умениями, непосредственно необходимыми для выполнения профессиональных действий, у человека формируются неспецифические умения и навыки, которые обусловят его движение вперед. Необходимо изучать варианты поведения, варианты нормативов, различные точки зрения на успешность выполнения работы. То есть формировать вариативный, гибкий тип мышления, который позволит находить решения в сложной, нестандартной, изменяющейся ситуации. Развивающее обучение - обучение поиску и саморазвитию.

Во-вторых, *для действительно эффективного формирования трудового потенциала необходимо давать избыточную информацию,* так как в процессе обучения часть информации неизбежно теряется. Избыточная информация позволяет путем ассоциаций, ярких припоминаний восстановить потерянную. Между тем учебные программы, от школ до высших учебных заведений предусматривают лишь ориентировочную или информационную основу. Более того, учебники и пособия все более прагматизируются.

В процессе усложнения информированности и поведенческих проявлений человека усложняется и развивается его трудовой потенциал. Ему становятся доступными все более сложные профессиональные задачи. Более развитый человек развивает и саму деятельность. Деятельность, в свою очередь, формулирует новые задачи и новые способы их решения. Все это усваивается личностью, превращается в реализующуюся систему знаний и практического опыта, т.е. трудовой потенциал.

Развитие трудового потенциала, наряду с его эволюционным саморазвитием, в определенной мере - революционный процесс. Любой трудовой потенциал является открытой системой и может коренным образом изменяться в результате изменения социально-предметной среды, общения, внутренней потребности в самоизменении. В реальном трудовом поведении человека аккумулируется и рождающееся, и отмирающее. Это можно пронаблюдать на явлении "переноса" в процессе обучения или переучивания[1].

---

[1] *Перенос - влияние ранее сформированного навыка на овладение новым действием. В результате положительного переноса перестройка навыка происходит легче и быстрее, чем овладение предыдущим действием. Человек (не обязательно осознанно) выделяет общие моменты в структуре освоенного и осваиваемого действий. Чем отчетливее выделяются эти сходные моменты, тем легче и шире перенос. При отрицательном переносе (интерференции навыков) ранее сформированные навыки мешают освоению новых автоматизированных действий (например, на первых этапах переучивания). Можно сказать, что мера переноса зависит от полноты ориентировки в осваиваемых действиях.*

Нельзя не учитывать также и то, что на определенном этапе развития техники и технологии человек вполне может превратиться в придаток машины. Длительное существование в таком состоянии ведет к регрессу богатства трудового потенциала личности. На это давно обратили внимание писатели-фантасты, а современный научный менеджмент (в концепциях социотехнических систем производства) учитывает при разработке новой техники и создании принципов организации труда и управления персоналом.

Изменение внешней среды также не всегда позитивно для работника. Особую, даже трагическую остроту придает проблеме трудового потенциала *обострение экологической ситуации,* вызванное угрозой быстрого истощения природных ресурсов Земли, ее промышленным загрязнением. Развитие трудового потенциала привело к созданию генной инженерии, поставившей перед человечеством вопрос о перспективах его существования. Возникло противоречие существования и развития, которое может привести к социальной и биологической деградации и гибели.

Таким образом, и применительно к глобальным явлениям или большим отрезкам времени, и к конкретным явлениям, нельзя однозначно сказать, что имеет место необратимое *прогрессивное* развитие. Прогрессивные и регрессивные изменения равноправны. Тем не менее, развитие трудового потенциала, несомненно, происходит. Оно увеличивает адаптационные возможности личности, уменьшает зависимость от условий ее существования, случайных воздействий, что, в свою очередь, приводит к активизации поведения. Развиваются, оттачиваются способности, адаптируясь к конкретному виду труда; становятся более многообразными социальные связи личности. Трудовой потенциал усложняется. Сложность трудового потенциала - свойство его системы и способ ее функционирования.

Развитие трудового потенциала личности осуществляется под влиянием саморазвития и под воздействием педагогического процесса (в широком смысле слова: здесь мы имеем в виду и повышение квалификации, и систему переучивания, и самообразование и т.д.). Кроме формирования индивидуального стиля деятельности, необходимо вырабатывать индивидуальный стиль профессионального совершенствования и развития. Этот стиль в дальнейшем проявит себя в особенностях трудового потенциала профессионала. В этой связи становится актуальной разработка социальных технологий развития трудового потенциала работника. Это одна из серьезнейших проблем современной системы подготовки кадров. Решение ее возможно только на общегосударственном уровне.

Главной реальностью, которая должна быть положена в основу разработки такой технологии профессионального образования, являются профессиографические модели и образцы. Социальные технологии должны предусматривать решение аналитико-синтетических задач по отношению ко всей структуре трудового потенциала работника. Можно предложить ориентировочный комплекс таких задач:

1. Определить общественные задачи профессии, для обучения которой разрабатывается социальная технология. Разделить задачи на индивидуальные и коллективные, т.е. те, решение которых потребует групповых усилий.

2. Разработать варианты индивидуальных действий, которые требуются для оптимального решения профессиональной задачи. Разработать алгоритмы такого поведения и предусмотреть условия их применений.

3. Разработать варианты группового взаимодействия. Разработать алгоритмы осуществления групповых действий и предусмотреть информационно-коммуникативные возможности на всех уровнях трудового взаимодействия: горизонтальном и вертикальном.

4. Разработать планы и эскизы рабочих мест, с учетом санитарно-гигиенических условий, монотонности труда и т.п., учитывая необходимость перемещений и антропометрию специалистов.

5. Разработать профили профессионально-важных и профессионально-вредных качеств личности для будущих работников.

6. Разработать формы контроля (от самоконтроля, группового контроля и контроля руководителя - до контроля с помощью техники), а также системы, в которых применима та или иная форма контроля.

7. При помощи системы нормирования труда разработать нормативы времени на все описанные варианты действий и взаимодействий.

8. Предусмотреть возможные ошибочные варианты действий, а также варианты действий, которые могут привести к повышенному браку или травмам.

9. Разработать необходимую документацию на все предусмотренные пунктами 1 - б части социальной технологии и ознакомить с ней работников.

10. В ходе реализации алгоритмов и постепенной адаптации к ним работника имеет смысл замерять и описывать индивидуальные и типичные варианты трудового поведения, индивидуальные и типичные ошибки.

11. Знакомить с вариантами индивидуального поведения (стиля деятельности) остальных работни-

ков на условиях (если это возможно) предложения освоить новаторский опыт.

12. По результатам реализации алгоритмов скорректировать нормативы времени, необходимого на выполнение работы.

13. Проводить социометрические замеры состояния социально-психологического климата в производственной группе и характера внутригрупповых систем, возникающих в ходе реализации социальной технологии.

14. Проводить замеры динамики изменения индивидуального социометрического статуса работника

15. Проводить работу по выявлению традиций, норм поведения, сложившихся в результате трудового взаимодействия членов трудовой группы.

16. Проводить замеры состояния мотивации труда, а также того, насколько работник разделяет принципы организационной культуры фирмы (если кодекс ее имеется на предприятии).

17. На основе позитивных групповых традиций, которые отражают цели и задачи фирмы и, исходя из целей, которые ставит перед собой фирма, разработать основные принципы кодекса организационной культуры фирмы. Основные положения кодекса должны широко рекламироваться, а следование им - хорошо стимулироваться.

18. Проводить замеры состояния удовлетворенности рабочим местом.

19. На основе скорректированных нормативов и с учетом состояния мотивации, способности к групповому взаимодействию разработать гибкую систему стимулирования труда персонала.

20. На основе всего вышеизложенного разработать инструкции для руководителей и специалистов для оперативного руководства к действию, для отбора, тренингов и обучения персонала. Инструкции для руководителей должны служить основным документом, определяющим выбор степени и средств автоматизации, средств и организации работы, контроля, управления и коммуникации, особенностей рабочих мест и рабочей среды, профессионально важных свойств специалистов и путей целенаправленного формирования этих свойств, планирования должностной, профессиональной и деловой карьеры - всего того, что обеспечивается за счет трудового потенциала работника.

Проблема включения менеджера в учебный и производственный процесс - еще дело будущего. Большинство предпринимателей, даже на тех предприятиях, где традиционно сильны профсоюзы, ограничиваются разработкой, конструированием рабочих мест, нормированием, стимулированием труда. Опыт изучения трудового потенциала в естественных условиях и на реальных людях убедительно показывает трудности, которые при этом возникают. Основные трудности данного процесса:

- сложность и многогранность объекта;
- уникальность каждой конкретной ситуации;
- сложность получения статистически достоверных данных.

В то же время без исследований трудового потенциала в реальных условиях производства не обойтись. Только в реальных условиях трудового взаимодействия можно получить исходные данные о психофизиологическом состоянии работника, индивидуальном стиле его работы, статусном передвижении профессионалов, состоянии взаимодействий и коммуникаций на производстве и в процессе выполнения отдельных видов работ и др.

Для того, чтобы иметь полную информацию о трудовом потенциале работника, необходимы его систематические исследования в отраслевом масштабе.

Литература

1. Шаталова Н.И. Трудовой потенциал работника: Учебное пособие для вузов. - А?.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. - Гл.1.

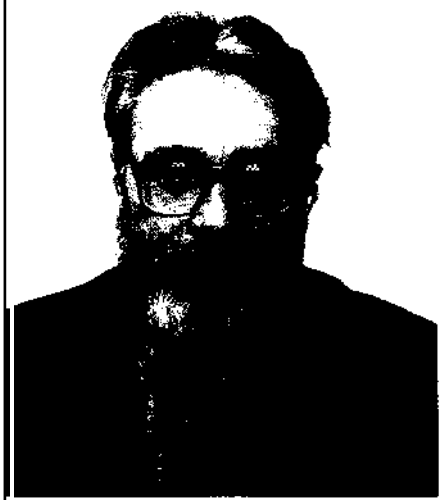
2. Шадриков В. Д. Проблемы системогенеза профессиональной деятельности. - М.: Наука, 1982.

3. Шадриков В.Д. Психология деятельности и способности человека. - М.: Логос, 1996.

4. Безрукова В.С. Педагогика. - Екатеринбург, 1994. -С.б - 7.

Килин П.И.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЕТА АСПИРАЦИИ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ УЗЛОВ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА КОНВЕЙЕРНОГО, ГРАВИТАЦИОННОГО И ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА



Павел Иванович Килин,
к.т.н., доцент. УрГУПС.

В статье рассмотрены закономерности взаимодействия сыпучего материала и воздуха и образование избыточного давления в полости оборудования или укрытии. Предложен унифицированный метод расчета аспирируемого воздуха при любых видах загрузки сыпучего материала.

В процессе транспортировки сыпучего материала и его переработки используется конвейерный, гравитационный и пневматический транспорт. При использовании конвейерного транспорта происходит равномерный процесс транспортировки, обеспечивающий оптимальный режим скорости движения и степени загрузки транспорта. В случае применения гравитационного транспорта выделяются два режима работы: равномерный при использовании загрузочного или разгрузочного конвейера и залповый при загрузке посредством дозаторов или челюстных затворов, или из емкости в емкость. При использовании пневматического транспорта сжатый воздух является средством перемещения сыпучего материала, в основном мелкозернистого или порошкового.

Существующие методы расчета количества удаляемого воздуха при аспирации перегрузочных узлов сыпучего материала различны по видам транспортировки, по степени крупности материала, по видам аспирационных укрытий. Это усложняет как решение задачи, так и сопоставление результатов исследований даже однотипных схем перегрузочных узлов.

После анализа научно - технической литературы о движении сыпучих материалов по закрытым желобам [1], движении сплошных потоков [2] и движении отдельных твердых частиц в газообразной среде [3] автором предложены несколько иные аналитические решения, базирующиеся на теоретическом обосновании движения твердых частиц в вязкой воздушной среде.

В закрытых перегрузочных желобах под действием гравитационных сил возникает поток материала, который либо свободно падает внутри вертикального желоба, либо скользит по его стенкам (при условии, что желоб имеет некоторый угол наклона): В любом случае равноускоренное движение твердых частиц материала определяется действием сил тяжести и сопротивления среды. Таким образом, формируется совместный поток сыпучего материала и воздуха, закономерности движения которого лишь при достаточно большой высоте перепада между узлами оборудования могут быть описаны едиными уравнениями. Это объясняется тем, что в пределах перегрузочного желоба скорость движения твердых частиц и воздуха различна, причем существенно: материал движется равноускоренно, а воздух равномерно. Подобный процесс рассматривал в своих работах З.Р. Горбис [2]. Он выделил при анализе три различных участка. Первый — на котором скорость падения материала еще не достигает скорости потока воздуха; второй — на котором скорость движения материала продолжает возрастать, но уже превышает скорость воздушного потока; третий — когда движение материала становится равномерным.

Внутри перегрузочных желобов конвейерного транспорта сыпучих материалов из-за относительно небольшой высоты перегрузки имеются только первый и второй участки движения материала, т.е. участки, на которых материал движется равноускоренно. В этих условиях обоснованность представления процесса как единого потока вызывает сомнения.

Очевидно, что дифференциальное уравнение движения отдельной частицы материала будет иметь вид:

$$m \cdot \frac{dV}{dt} = m \cdot a - Q \qquad (1)$$

где m - масса частицы материала, кг;

V- скорость движения частицы, м/с, /- время, с;

a - ускорение, вызванное воздействием силы тяжести, м/с^2, равное:

$$a = q \cdot \sin\alpha \cdot (1 - f_{mp} \cdot ctg\alpha) \qquad (2)$$

где *q* - ускорение силы тяжести, м/с^2;

α - угол наклона участка перегрузочного желоба к горизонту, град.;

f_{mp} - коэффициент трения частицы о желоб в движении;

Q - сила лобового сопротивления, Н.

Известно, что сила лобового сопротивления — лишь проекция суммарной силы сопротивления среды на направление, противоположное направлению вектора скорости тела. Проекции этой силы на другие оси системы координат могут стать причиной поперечных перемещений тела. На практике это проявляется в расширении струи свободно падающих кусков материала. Однако интересующий нас поток воздуха внутри перегрузочного желоба формируется только под воздействием силы лобового сопротивления, поэтому остальные составляющие суммарной силы сопротивления из рассмотрения могут быть исключены.

Суммарная сила сопротивления среды, которую в рассматриваемом случае можно с достаточной степенью точности считать по величине и направлению равной только силе лобового сопротивления совокупности частиц материала, находящихся внутри перегрузочного желоба, в самом общем виде складывается из нескольких видов сопротивления. Во-первых, это сопротивление, обусловленное наличием ускорения и пропорциональное ему, во-вторых, сопротивление, обусловленное наличием сил трения в вязкой жидкости, каким является окружающий падающие куски материала воздух, и, в-третьих, сопротивление, происходящее от изменения нормальных напряжений в вязкой жидкости по сравнению с идеальной несжимаемой.

Наиболее полно вопрос движения твердых тел в газообразной среде рассмотрен в курсе аэродинамики, в частности, аэродинамики полета [3].

При ускоренном движении материала по перегрузочному желобу сила лобового сопротивления в общем случае для вязкой жидкости равна сумме

$$Q = Q_1 + Q_2, \qquad (3)$$

где Q_1 - лобовое сопротивление частицы в идеальной жидкости при ускоренном движении, Н;

Q_2 - сила лобового сопротивления частицы материала в вязкой жидкости, Н.

Первая составляющая общего сопротивления, т.е. лобовое сопротивление частицы в идеальной жидкости при ускоренном движении, равна:

$$Q_1 = k \cdot L \cdot \rho \cdot a, \qquad (4)$$

где k - коэффициент присоединенной массы;

L - объем движущегося тела, м^3 ;

p - плотность воздуха, кг/м^3.

Поскольку время падения материала по желобу четко фиксировано, то и при движении тела в вязкой жидкости коэффициент присоединенной массы будет величиной постоянной.

Рассмотрим второй участок взаимодействия падающего материала и воздуха. Здесь скорость материала больше скорости воздуха и, учитывая, что на первом участке скорость материала меньше скорости воздуха и материал оказывает лишь сопротивление движению воздуха, отказ от его рассмотрения не отразится на оценке максимально возможного воздействия материала на воздух в желобе.

Если частицы перегружаемого материала принять условно по форме, близкой к шару со средним диаметром *d* (по результатам гранулометрического анализа), формула (4) будет иметь вид:

$$Q_1 = \frac{d^3}{6} \rho a n \qquad (5)$$

где *d*- средний диаметр частиц, м;

n - число частиц материала, находящегося в желобе.

Зная расход материала $G_м$ и его плотность $p_м$, можно определить количество частиц материала, находящихся в желобе:

$$n = \frac{6G_м}{\pi \cdot d^3 \cdot \rho_м} t = \frac{6G_м}{\pi \cdot d^3 \cdot \rho_м} \cdot \frac{V_к - V_н}{a} \qquad (6)$$

где $G_м$ — расход материала, кг/с;

$p_м$ — плотность материала, кг/м^3,

t- время падения частиц в желобе, с;

$V_к$ скорость падения материала в конце участка желоба, м/с. и определяется по формуле:

$$V_к = \sqrt{V_н^2 + 2a \cdot l} \qquad (7)$$

где $V_н$ - скорость движения материала в начале участка желоба, м/с;

l - длина участка желоба, м.

Суммарная сила их сопротивлений при ускоренном движении частиц для идеальной жидкости будет равна:

$$Q_1 = k \frac{g}{g_м} G_м (V_к - V_н). \qquad (8)$$

Применяя теорему «живых сил», можно записать следующее соотношение:

$$\frac{m_B \cdot V_B^2}{2} = Q_1 l,$$

где m_B масса воздуха, приведенная в движение действием силы (за время падения частицы по желобу с поперечным сечением $F_ж$ длиной /), кг;

V_B - скорость движения воздуха, м/с.

После преобразования уравнение примет вид:

$$F_ж \cdot V_B \cdot g \cdot t \frac{V_B^2}{2} = k \frac{g}{g_M} G_M (V_K - V_H) l, \quad (10)$$

в котором после подстановки значения $к$ = 0,5 и t, а также ряда преобразований скорость движения воздуха в желобе примет значение:

$$V_B = \sqrt{\frac{1}{3} S (V_K^3 - V_H^3)}, \quad (11)$$

где S - коэффициент средней концентрации материала на участке перегрузочного желоба, определяемый по формуле:

$$S = \frac{G_M}{\rho_M \cdot F_ж \cdot V_M}, \quad (12)$$

где V_M - средняя скорость движения материала в перегрузочном желобе, м/с, равная

$$V_M = \frac{1}{l} \int_0^l \sqrt{V_H^2 + 2al}\, dl = \frac{2}{3} \cdot \frac{V_K^3 - V_H^3}{V_K^2 - V_H^2}. \quad (13)$$

Сила лобового сопротивления частицы материала в вязкой жидкости равна:

$$Q_2 = C_X \cdot S_M \cdot \rho \frac{V_{OTH}^2}{2} = C_X \cdot S_M \frac{(V_M - V_B)^2}{2}, \quad (14)$$

где C_X - коэффициент лобового сопротивления частицы;

S_M - площадь миделевого сечения, м^2,

$$S_M = \pi \frac{d^2}{4}, \quad (15)$$

V_{OTH} - относительная скорость материала и воздуха, м/с.

Сила лобового сопротивления для всех частиц материала, находящихся в желобе, обусловленная наличием сил трения, описывается уравнением:

$$Q_2 = C_X \frac{\rho}{2} (V_M - V_B)^2 \frac{6 G_M}{\pi d^3 \rho_M} \cdot \frac{V_K - V_H}{a} \cdot \frac{\pi d^2}{4}, \quad (16)$$

или, раскрывая значение «а» из формулы (7),

$$Q_2 = \frac{3}{2} \cdot \frac{\rho \cdot G_M}{\rho_{YM}} C_X \frac{l}{d} \cdot \frac{(V_M - V_B)^2}{V_K + V_H}. \quad (17)$$

Таким образом, при ускоренном движении материала по перегрузочному желобу сила лобового сопротивления в общем случае для вязкой жидкости равна сумме:

$$Q = k \frac{\rho}{\rho_M} G_M (V_K - V_H) + \frac{3}{2} \cdot \frac{\rho}{\rho_M} G_M \cdot G_X \frac{l}{d} \cdot \frac{(V_M - V_B)^2}{V_K + V_H}. \quad (18)$$

Сила лобового сопротивления среды, величина которой может быть определена по формуле (18), приложена к телу (перегружаемому материалу), но тело с такой же по величине силой воздействует на воздух, вызывая его движение. Эта сила в случае установившегося для воздуха режима движения (когда скорость воздуха в желобе становится постоянной) должна быть равна по величине найденной суммарной силе лобового сопротивления среды и может быть выражена

$$Q = P_{ЭЖ} \cdot F_ж, \quad (19)$$

где $P_{ЭЖ}$ — полное эжекционное давление, развиваемое материалом, равное Па.

$$P_{ЭЖ} = \sum \xi_ж \frac{\rho \cdot V_{ЭЖ}^2}{2}, \quad (20)$$

где $\sum \xi_ж$ - суммарное значение коэффициента местного сопротивления (к.м.с.) воздуха по перегрузочному желобу:

$$\sum \xi_ж = \xi_{BX} + \xi_ж + \xi_{ВЫХ} \quad (21)$$

ξ_{BX} - суммарное значение к.м.с. (коэффициента местного сопротивления) входа воздуха через неплотности верхнего укрытия;

$\xi_ж$ - суммарное значение к.м.с. движения воздуха по желобу;

$\xi_{ВЫХ}$ - суммарное значение к.м.с. выхода воздуха из укрытия;

$V_{ЭЖ}$ - скорость воздуха в желобе при отсутствии аспирационного отсоса, м/с.

Раскрывая значения выражений (8) и (14) при дальнейшем их преобразовании в формулах (17) и (18), приравнивая к значению в выражении (19) и заменяя их значения в этом выражении (18) и (20), получим после ряда преобразований значение $V_{эж}$-

$$\sum \xi_ж \frac{\rho V_{ЭЖ}}{2} F_ж = \quad (22)$$

$$= k \frac{\rho}{\rho_M} G_M (V_K - V_H) + \frac{3}{2} \cdot \frac{\rho}{\rho_M} G_M G_X \frac{l}{d} \cdot \frac{(V_M - V_{ЭЖ})^2}{V_K + V_H}$$

После некоторых преобразований можно представить уравнение второй степени относительно $V_{эж}$:

$$\left(\frac{d}{C_X l}\cdot\frac{\sum\xi_ж}{S}\cdot\frac{V_K+V_H}{V_M}-3\right)\cdot\left(\frac{V_{эж}}{V_M}\right)^2+ \\ +6\frac{V_{эж}}{V_M}-2\frac{kd}{C_X l}\cdot\frac{V_K^2-V_H^2}{V_M^2}+3=0. \quad (23)$$

Решая это уравнение, находим:

$$V_{эж}=V_M\frac{\sqrt{9+MN}-3}{M}, \quad (24)$$

где Nи M - коэффициенты пересчета:

$$N=2\frac{kd}{C_X l}\cdot\frac{V_K^2-V_H^2}{V_M^2}+3. \quad (25)$$

$$M=\frac{d}{C_X l}\cdot\frac{\sum\xi_ж}{S}\cdot\frac{V_K+V_H}{V_M}-3. \quad (26)$$

При наличии аспирации (работе побудителя тяги) суммарная сила воздействия материала на воздух будет равна:

$$Q=P\cdot F_ж, \quad (27)$$

где P - полное давление, необходимое для создания в перегрузочном желобе движения воздуха с заданной скоростью, Па, равное:

$$P=\sum\xi\frac{\rho V_B^2}{2}-P_A, \quad (28)$$

где $\sum\xi$ - суммарное значение к. м. с. перегрузочного узла (относительно движения в желобе), равное:

$$\sum\xi=\xi_{ВХ}+\xi_ж+\xi_{УКР}, \quad (29)$$

где $\xi_{УКР}$ - суммарное значение к. м. с. движения воздуха в укрытии, включая вход в аспирационный отсос;

V_B - скорость движения воздуха в желобе при действии аспирационного отсоса, м/с;

P_A - абсолютная величина полного давления в аспирационном отсосе за укрытием, при поддержании которого создается оптимальный режим, Па.

При наличии вентиляции скорость движения воздуха по желобу будет несколько выше, чем без нее, из-за совокупного действия эжекционного давления и разрежения (давления), создаваемого аспирационным отсосом (побудителем тяги).

Для определения оптимальной величины эжектируемого воздуха по желобу при работе аспирационного отсоса необходимо соблюдение следующих условий:

$$V_{эж}=V_B=V, \quad (30)$$

$$P_{эж}=P \quad (31)$$

Подставляя значения $P_{эж}$ из формулы (20) и Pиз формулы (28) в уравнение (31), получим:

$$\sum\xi_ж\cdot\frac{\rho V_{эж}^2}{2}=\sum\xi\cdot\frac{\rho V_B^2}{2}-P_A. \quad (32)$$

Подставим значения выражений (21), (29) и (30) в формулу (32) и получим равенство:

$$-P_A=(\xi_{ВЫХ}-\xi_{УКР})\cdot\frac{\rho V^2}{2}. \quad (33)$$

Таким образом, для работы аспирации в оптимальном режиме необходимо, чтобы скорость движения воздуха по желобу была равна скорости движения эжектируемого воздуха без аспирации, а к. м. с. $\xi_{ВЫХ}$ должен быть больше, чем к. м. с. $\xi_{УКР}$.

При этом величина скорости воздуха, движущегося по желобу, будет равна:

$$V_ж=\sqrt{\frac{(P_{эж}+P_A)}{\rho\sum\xi}} \quad (34)$$

т. е. выше скорости $V_{эж}$. При расчетах $V_{эж}$ она принимается за искомую величину, т. е.

$$V_{эж}=V_ж.$$

Количество воздуха, удаляемого из полости аспирационного укрытия или оборудования (L_A), определяют по формуле:

$$L_A=L_{эж}+L_H \quad (35)$$

где $L_{эж}$ - количество воздуха, эжектируемого движущимся материалом, м^3/ч,

L_H - количество воздуха, поступающего через неплотности, м^3/ч.

Количество воздуха, эжектируемого материалом, равно:

$$L_{эж}=3600F_ж V_{эж}. \quad (36)$$

Скорость движения воздуха по желобу под действием эжекции определяется по формуле (24) или (34).

Количество воздуха, поступающего через неплотности, определяют по формуле:

$$L_H=3600\cdot F_H\cdot V_H \quad (37)$$

где F_H - площадь неплотностей, м^2;

$V_{Н}$ - скорость воздуха в неплотностях, м/с;

$$V_{Н} = \sqrt{\frac{2P_{А}}{\rho \cdot \xi_{Н}}} \qquad (38)$$

где $\xi_{Н}$ - к. м. с. входа воздуха через неплотности в аспирационный отсос.

Проведенные расчеты различных аспирационных укрытий по предлагаемому автором методу расчета показали, что наряду со снижением количества удаляемого воздуха, поступающего по желобу, снижается и количество удаляемого воздуха через неплотности. Однако для этого необходимо соблюдение условий равенства скоростей воздуха, движущихся по желобу при наличии аспирации и ее отсутствии (формулаЗО), а также соблюдения условий формулы (33), когда к. м. с. $\xi_{ВЫХ}$ будет больше к. м. с. $\xi_{УКР}$

При загрузке из дозаторов, или челюстных затворов, или из емкости в емкость, количество удаляемого воздуха определяется по формуле:

$$L_{А} = L_{М} + L_{Н} \qquad (39)$$

где L - количество воздуха, вытесняемого материалом из аспирационного укрытия или технологического оборудования, м^3/ч.

$$L_{М} = 3600\frac{G_{М}}{\rho_{Н}}k_{Н} \qquad (40)$$

где $G_{М}$ - массовый расход материала, кг/с;

$p_{Н}$ - насыпная плотность материала, кг/м^3;

$k_{Н}$ - коэффициент неравномерности расхода материала в период загрузки:

$$k_{Н} = \frac{G_{М}^{MAX}}{G_{М}^{СР}} \qquad (41)$$

$G_{М}^{MAX}$ - максимальный расход материала, кг/с;

$G_{М}^{СР}$ – средний расход материала, кг/с.

Количество воздуха, вытесняемого материалом, может быть определено и по степени заполнения загружаемого устройства:

$$L_{М} = 3600\frac{W}{t}k_{З} \qquad (42)$$

где W - загружаемая емкость технологического оборудования, м^3;

t - время заполнения емкости материалом, с;

$k_{З}$ - коэффициент, характеризующий степень заполнения.

Формулы расчета (40) и (42) равнозначны, так как в том и другом случае учитывается насыпная плотность материала, но формула (40) предпочтительнее, так как она учитывает максимальную величину загрузки, а формула (42) только среднюю ее значимость.

При загрузке пневматическим транспортом необходимо учитывать количество сжатого воздуха и количество воздуха, вытесняемого загружаемым материалом:

$$L_{А} = L_{СЖ} + L_{М} \qquad (42)$$

где $L_{СЖ}$ - количество сжатого воздуха, приведенного к нормальному барометрическому значению региона, где расположено промпредприятие, м^3/ч.

Таким образом, количество удаляемого воздуха системами аспирации определяется по единой формуле для всех перегрузочных узлов сыпучего материала любого вида транспорта - конвейерного, гравитационного и пневматического. Результаты теоретических и экспериментальных исследований, проведенных в лабораторных и производственных условиях, показали достаточно высокий показатель сходимости, а материалы опубликованы в печати [4 - 8].

Литература

1. Нейков О. Д., Логачев И. Н. Аспирация и обеспыливание при производстве порошков. - М: Металлургия, 1984.-384 с.

2. Горбис З. Р. Теплообмен и гидродинамика дисперсных сквозных потоков. - М: Энергия, 1970. - 424 с.

3. Фабрикант И. Я. Аэродинамика. - М., Л.: Техтеориздат, 1964. -816 с.

4. Килин П. И. Расчет производительности вытяжной вентиляции при работе гравитационного транспорта // Изв. вузов. Горный журнал. - 1990. - №7. -С. 39-93

5. Килин П. И. Оптимальная схема вентиляции при работе гравитационного транспорта// Изв. вузов. Черная металлургия. - 1992. - №- 10.- С. 56- 59.

6. Килин П. И. Аспирация бункеров и емкостей при загрузке сыпучих материалов пневмотранспортом // Цветная металлургия. -2000. - №- 2-3. -С. 38-40.

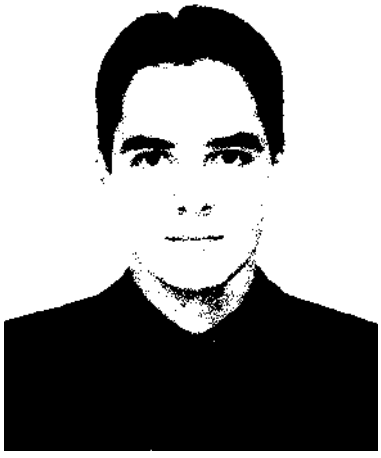
7. Килин П. И. Теоретические основы расчета и устройства аспирации перегрузочных узлов сыпучего материала// Изв. вузов. Черная металлургия. - 2004. - № 5. -С. 80- 86

8. Килин П. И. Местная вытяжная вентиляция. Расчет, устройство, экологическое и экономическое обоснование. - Екатеринбург: УрГАПС, 1997. - 221с.

В.В.Григорьев, Р.Р.Сафиуллин, С.А.Сафиуллина

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ОРГАНИЗАЦИИ ГРУЗОВОЙ РАБОТЫ







Валентин Владимирович Григорьев,
к.т.н., доцент, УрГУПС

Сафиуллин Роман Равильевич,
инженер, ***УрГУПС***

Сафиуллина Светлана Анатольевна,
начальник отдела КТБ Свердловской ж.д.

Эффективная организация управления местной работой на железной дороге - основа благополучия дороги. Именно это принцип стоит во главе всех структурно-технологических преобразований, которые в течение пяти лет проводятся на Свердловской железной дороге.

Структурные реформы на железнодорожном транспорте предусматривают совершенствование управления перевозочным процессом. На Свердловской железной дороге за последние пять лет произошли существенные преобразования: завершена концентрация управления перевозочным процессом в Дорожном центре за счет перевода в Екатеринбург поездных и локомотивных диспетчеров Свердловского, Пермского, Тюменского и Нижнетагильского, Сургутского отделений дороги. Произошло укрупнение и, как следствие, сокращение диспетчерских участков, упразднены межотделенческие стыки.

Еще в 2003 году техническим советом дороги была утверждена новая модель организации местной работы. Что представляла собой эта структура? Она создавала на каждом отделении дороги Центр местной работы (ЦУМР) в составе отдела перевозок. Работающие с 2001 года девять опорных центров были преобразованы в восемь линейных районов, входящих в ЦУМР. Диспетчерский аппарат ЦУМР был максимально приближен к отделению дороги с целью возможности укрепления своего статуса как оперативного органа, поднятия профессионализма инженерного персонала, расширения полномочий для более слаженной организации взаимодействия, как между собой, так и с оперативно-диспетчерским аппаратом дорожного центра управления перевозками (ДЦУП).

Структура ЦУМР предусматривала две основные части: ***планирующую,*** с грузовым диспетчером, и исполнительную, с ***оперативным*** диспетчером.

Грузовой диспетчер формировал план погрузки и выгрузки, подачи и выводки вагонов по грузовым станциям, вел график исполненной грузовой работы по всем станциям.

Оперативный диспетчер обеспечивал станции порожними вагонами, организовывал развоз и сбор вагонов с местным грузом, организовывал работу вывозных и маневровых локомотивов. Руководителем диспетчерского аппарата являлся ***старший диспетчер,*** а сменой руководил его сменный помощник.

Специалисты дорожного конструкторско-технологического бюро Свердловской дороги в 2001 году разработали единую дорожную технологию орга-

низации управления местной работой на железной дороге. В 2003 году она была откорректирована с учетом создания ЦУМР, а в 2004 был проведен анализ организации местной работы уже в условиях функционирования ЦУМР, что вновь потребовало корректировки дорожной технологии управления местной работой. В ней более детально и последовательно представлены разделы технологического взаимодействия по вертикали ДС-ЦУМР-ДЦУП, взаимоответственности ДЦУП со смежными структурами: дорожным центром фирменного транспортного обслуживания, грузовой, локомотивной, вагонной служб дороги.

В дорожном технологическом процессе разработано распределение обязанностей и ответственности между ДЦУП и отделениями дороги, введена технология многоуровневого контроля за обеспечением выполнения заявки на погрузку и технология почасового планирования развоза и сбора вагонов, в том числе по железнодорожным участкам и направлениям, определена новая система премирования работников за выполнение местной работы и т.д.

Кроме того, в 2004 году на Свердловской дороге впервые был разработан стандарт предприятия «Система управления перевозочным процессом. Организация управления местной работой», который определил нормативные требования к организации местной работы с обязательным их выполнением независимо от структурных изменений.

Внедренная новая модель управления местной работой на Свердловской дороге уже сегодня показала положительную динамику выполнения качественных и количественных показателей грузовой работы.

Так, оборот местного вагона по дороге в 2004 году был ускорен на 9,6 %, или на 4,3 часа по сравнению с 2000 годом За 1 квартал 2005 года оборот местного вагона снижен на 9,4% к соответствующему уровню прошлого года. Простой местного вагона снижен на 13,3%, или 4,35 часа. За 1 квартал 2005 года простой местного вагона и простой под одной грузовой операцией снижен на 8,2% к соответствующему уровню прошлого года

Эффективная работа железнодорожников с промышленными предприятиями стала в 2004 году одной из главных предпосылок, позволивших Свердловской области обеспечить рост физического объема производства на 9,6 %, а Тюменской области на 6 % по сравнению с 2003 годом.

Однако, как показывает проведенный анализ, результаты могли бы быть более значительными.

Одним из негативных моментов при переводе диспетчерского аппарата в ДЦУП стало снижение ответственности отделения дороги за выполнение всех составляющих частей перевозочного процесса. Перевод диспетчеров в состав ДЦУП, а также увеличение протяженности участков обслуживания поездными диспетчерами в среднем с 158 до 240 км привело к смещению приоритетов выполнения перевозочного процесса в сторону поездной работы. Местная работа фактически стала менее управляемой со стороны ДЦУП. Свое влияние на этот процесс оказало значительное обновление кадрового состава поездных диспетчеров, которые недостаточно представляли особенности организации местной работы. В этих условиях решение об организации в составе отделов перевозок (НОДН) отделений дороги центров управления местной работой позволило частично компенсировать на отделенческом уровне негативные последствия для организации местной работы перевода диспетчерского аппарата в ДЦУП. Проблемой являлось и распределение обязанностей и ответственности по уровням управления местной работой: с одной стороны - дорожный уровень управления перевозками с новыми информационными возможностями, с другой - сохранение в отделениях дороги реальных рычагов управления станциями и взаимодействия с клиентурой (грузоотправителями и грузополучателями).

Логично было предполагать, что сохранение целостности технологической подчиненности по вертикали ДС-ЦУМР-ДЦУП возможно при внедрении единой дорожной технологической документации, регламентирующей порядок выполнения всех операций организации местной работы сверху донизу, что дорога и осуществляла на протяжении последних лет. Однако полностью ликвидировать разрыв между дорожным уровнем управления (ДЦУП) и ЦУМР в организации местной работы не удается до сих пор.

Как правильно разрешить сложившуюся проблему? Как найти наиболее эффективные подходы к формированию оптимальной структурно-правовой базы и вертикали управления в управлении местной работой?

«Никакую проблему нельзя решить на том же уровне, на каком она возникла» (Альберт Эйнштейн). Попробуем воспользоваться этой мыслью и подойдем к решению вопроса с другой стороны.

В настоящее время на железнодорожном транспорте создаются новые технологии организации взаимодействия с грузовладельцами, в том числе по качественному использованию погрузочных средств, эффективному управлению продажей услуг по перевозке грузов, усилению погрузочно-выгрузочных мощностей, увеличению грузооборота подъездного пути. Эти технологии являются одними из главных слагаемых наращивания местной работы и доходов железнодорожной компании ОАО «РЖД».

Кроме того, четкое разделение перевозочных и сбытовых функций на сегодняшний момент является одним из важных факторов эффективной деятельности железнодорожной компании и рационализации ее отношений с грузовладельцами. Инструментом реализации этого должно явиться создание вертикальной системы управления по принципу «одного окна» при взаимодействии с пользователями железнодорожных услуг и «заказчик-исполнитель» в производственных отношениях внутри железнодорожной компании. Так компанией ОАО «РЖД» поставлена задача реформы СФТО (системы фирменного транспортного обслуживания), призванная вывести работу Российских железных дорог на качественно новый уровень. Решение этого прогрессивного и объемного принципа по многим публикациям в прессе возлагается только на систему фирменного транспортного обслуживания за счет расширения ее структуры и создания некоторых дублирующих функций, выполняемых сегодня службой перевозок, службой коммерческой работы в сфере грузовых перевозок, информационно-вычислительным центром и др.

При этом формирование системы грузовой работы по принципу «одного окна» достигнуто все же не будет. Сферы взаимодействия владельца железнодорожного пути необщего пользования (подъездного пути) или грузовладельца с перевозчиком шире, чем только услуги по отправлению груза. Развитие, реконструкция, строительство и содержание подъездного пути, определение условий перевозок, согласование чертежей на размещение и крепление груза, техническое обслуживание и ремонт собственного и арендованного подвижного состава и т.д. требуют совместных решений с другими службами дороги. Все, что касается контейнерных перевозок, грузовладелец будет согласовать с компанией «Трансконтейнер» (дочерним обществом ОАО «РЖД»).

Если сегодня вопросы, связанные с эффективным обслуживанием клиента на станции, может решить начальник станции или его заместитель по грузовой работе, то после реформирования СФТО подачу вагонов под погрузку и вы грузку, условия погрузки клиент будет решать с руководством станции, техническое содержание путей своего предприятия с ревизором Федеральной службы по надзору в сфере транспорта, планы погрузки на месяц и оперативно за трое суток вперед будет согласовывать с дорожным центром СФТО, а контейнерную перевозку выполнять по требованиям компании «Трансконтейнер».

Организационный разрыв, связанный с созданием вертикально-интегрированных систем, может привести к потери рычагов управления на линейном уровне как со стороны начальника станции, так и со стороны отделения дороги. Необходимо учитывать, что первичным элементом, где зарождается прибыль, является грузовая станция, целостность и технологичность проводимых там производственных процессов напрямую будет влиять на конечный результат использования вагона и рост объемов перевозок.

Пятнадцать лет назад крупные грузовые районы (дворы) с наличием 2-3 контейнерных площадок, повышенных путей, тяжеловесной площадки, крытых складов, гаража для погрузочно-разгрузочной техники и автотранспорта на Свердловской дороге, как и на многих других дорогах, были переданы от начальника станции под оперативное и административное руководство начальнику механизированной дистанции погрузочно-разгрузочных работ (МЧ). Почему? Вагоны в массовом количестве простаивали на путях станции в ожидании их подачи на погрузочно-разгрузочные пути общего пользования на грузовых дворах. Создание комплексных смен с единым премированием работников станции и механизированных дистанций не привело к желаемым результатам.

В то время это был революционный шаг в технологии. Главная его задача в этой передаче заключалась в определении единого ответственного должностного лица за эффективное обслуживание грузоподъемной техники и переработки поступающих вагоно и контейнеропотоков на местах общего пользования станций.

Внедрение новой технологии позволило разрубить «гордиев узел» и уйти от постоянных конфликтов между работниками станции и МЧ. Единое сменно-суточное планирование, единая должностная ответственность за конечный результат позволили стабилизировать грузопереработку и даже

ее наращивать. Доля механизированных дистанций погрузочно-разгрузочных работ дороги в общей грузопереработке по сети железных дорог страны с седьмого места в 1992 году поднялась до второго в 2004 году.

К настоящему моменту назрела широкая необходимость использования потенциала специалистов хозяйства грузовой службы дороги в расширении своей роли на новом уровне организации грузовой работы, в том числе за счет укрепления вертикальной структуры.

Действуя последовательно и поэтапно, руководствуясь в период реформ выдвинутым президентом ОАО «РЖД» Геннадием Матвеевичем Фадеевым лозунгом «не навреди», необходимо взвешенно рассматривать варианты реформирования организации грузовой работы на железных дорогах России.

Одним из таких вариантов предлагается создание Дорожного центра транспортного обслуживания (ДЦТО). Он позволит клиенту решать практически все вопросы, связанные с перевозкой: от заявки на погрузку и выполнения разного рода услуг до решения регламентной доставки подачи вагонов на подъездной путь, взаимного контроля реализации погрузки, выгрузки вагонов, обеспечения сохранности и безопасности перевозки погруженного груза, а также расширения грузооборота на местах общего пользования. Дорожный центр транспортного обслуживания предлагается создать из работников существующего штата:

- структуры Дорожного центра фирменного транспортного обслуживания, которая должна решать вопросы планирования погрузки, маркетинга, тарифов, вести разработку логистических схем, организацию работы с операторскими и экспедиторскими компаниями,

- структуры хозяйства грузовой службы, которая должна решать вопросы условий погрузки и выгрузки грузов, обеспечения сохранности и безопасности перевозки погруженного груза, сокращения простоев вагонов на подъездных путях, расширение сферы деятельности на местах общего пользования, повышения сбытовых функций деятельности железнодорожной компании и реализации ее отношений с грузовладельцами,

- административного и оперативно-диспетчерского аппарата, выделенных из службы перевозок и дорожного центра управления перевозками, которые на принципе «лицом к клиенту» должны решать вопросы оперативного планирования погрузки и выгрузки вагонов, рационализации развоза местного груза, снижения оборота вагонов и улучшения тем самым качественных показателей местной работы.

На уровне отделения дороги в структуре НОДа соответственно должен быть организован отделенческий центр транспортного обслуживания (ОЦТО), в состав которого должны войти региональные агентства фирменного транспортного обслуживания, отделы грузовой работы, механизированные дистанции погрузочно-разгрузочных работ и центры управления местной работы.

На линейном уровне в ведении начальника станции создаются опорные товарные конторы и центры продаж транспортных услуг.

Данная структура управления местной работой позволит показать и доказать клиенту заинтересованность компании ОАО «РЖД» в совместном и взаимовыгодном сотрудничестве.

Кроме того, создание Дорожного центра транспортного обслуживания позволит:

- укрепить позиции сменно-суточного планирования по технологической вертикали ДС-ОЦТО-ДЦТО и организацию грузовой работы на линейных станциях;

- установить жесткий контроль за соблюдением технологии развоза местного груза поездными диспетчерами ДЦУП, разрабатывать новые графики и формы развоза;

- расширить влияние на совместную работу с операторскими и экспедиторскими компаниями, комплексно решать вопросы таможенного, страхового и информационного сопровождения перевозок грузов, а также по увеличению доходов от подсобно-вспомогательной деятельности;

- поставить под действенный контроль выполнение всех составляющих элементов местной работы (обеспечение погрузки, обеспечение выгрузки, развоз местного груза).

Предлагаемый вариант организации местной работы и, как следствие, оптимизация организации грузовой работы на железнодорожном транспорте не является окончательным для реализации, так как необходимо опытное внедрение и анализ результатов. Кроме того, требуется разработка более детальных вопросов функционирования Дорожного центра транспортного обслуживания.

С.В.Фирстов, С.А.Бронников.

ВНЕДРЕНИЕ КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Внедрение корпоративных информационно-управляющих технологий - необходимый фактор перехода к новой организационной структуре управления региональным пассажирским комплексом.



Сергей Валерьевич Фирстов - ***гл. инженер ИВЦ СЖД, к.т.н.***



Сергей Александрович Бронников ***- инженер, кафедра «Менеджмент и коммерция», УрГУПС***

В связи с предстоящим наделением ФПД - филиала ОАО «РЖД» имущественным комплексом и выделением из состава железных дорог Дирекций по обслуживанию пассажиров планируется провести реформирование информационно-вычислительного комплекса системы «Экспресс».

На рис. 1 показана организационная структура подразделений ИВЦ, непосредственно участвующих в обслуживании регионального центра системы «Экспресс-3» на Свердловской железной дороге. При создании функционального филиала - Федеральной пассажирской дирекции, подразделения ИВЦ железных дорог, обеспечивающие функционирование АСУ «Экспресс», продолжают выполнять служебные обязанности в рамках существующих филиалов ОАО «РЖД».

В дальнейшем имущество, права на интеллектуальную собственность и информационные ресурсы системы «Экспресс-3», технические средства и персонал, необходимый для функционирования системы, планируется передать в состав ФПК. При создании Федеральной пассажирской компании определяются организационная структура, имущество, технические средства, штат работников, необходимые для сохранения стабильного функционирования системы «Экспресс-3» [1].

К техническим средствам системы «Экспресс-3» относятся: ЭВМ центрального вычислительного комплекса ИВЦ, средства передачи данных и сетевое обо-



Рисунок 1 – Организационная структура подразделений дороги, непосредственно участвующих в обслуживании системы

рудование в части организации региональных узлов АСУ «Экспресс-3» и линейных предприятий ФПД, терминальное оборудование системы.

К отделам, обеспечивающим функционирование системы «Экспресс» на большинстве дорог, относятся [2]:

- отдел программно- технологического обслуживания «Экспресс»:
- по ведению нормативно-справочной информации, терминальной таблицы и тарифных базовых таблиц;
- по вводу поездов и обеспечению функционирования ПО системы;
- по ведению финансовой и статистической отчетности;
- по администрированию и подключению пользователей к АБД;
- отдел по техническому обслуживанию и ремонту терминального оборудования системы;
- отделы электронной вычислительной техники, телекоммуникаций, оборудования и других вспомогательных подразделений.

На Свердловской и Южно-Уральской железных дорогах автоматизированная система «Экспресс-3» эксплуатируется на центральном вычислительном комплексе и обслуживается общим эксплуатационным штатом ИВЦ Свердловской ж.д. Кассовые терминалы и технологическое обслуживание осуществляют специалисты двух дорог. Программный комплекс региональной системы обслуживает программно-технологический отдел «Экспресс» дорожного информационно-вычислительного центра. В состав отдела входят группы [3]: сменных работников (управление вычислительным процессом, контроль за работой аппаратных и программных средств); программистов (сопровождение программных продуктов); технологическая (формирование, сопровождение и корректировки нормативно справочной информации); финансовая группа (финансовый контроль за работой системы). Эксплуатацией операционных систем центрального вычислительного комплекса (ЦВК) занимаются специалисты группы системного математического обеспечения отдела программных разработок. На обслуживании технического комплекса АСУ «ЭКСПРЕСС-3» заняты специалисты отдела электроники (центральный вычислительный комплекс), отдела телекоммуникаций (система телеобработки данных, телекоммуникационное и активное сетевое оборудование) и сервисного технического центра (сопровождение и ремонт терминального оборудования).

Выделение отдельных групп специалистов из состава отделов, занимающихся сопровождением системы «Экспресс», в настоящее время нежелательно, так как это приведет к разрыву технологических и технических цепочек и многочисленным дополнительным согласованиям между разными структурными подразделениями и, как следствие, приведет к значительному снижению оперативности и увеличению времени простоев системы при сбойных ситуациях.

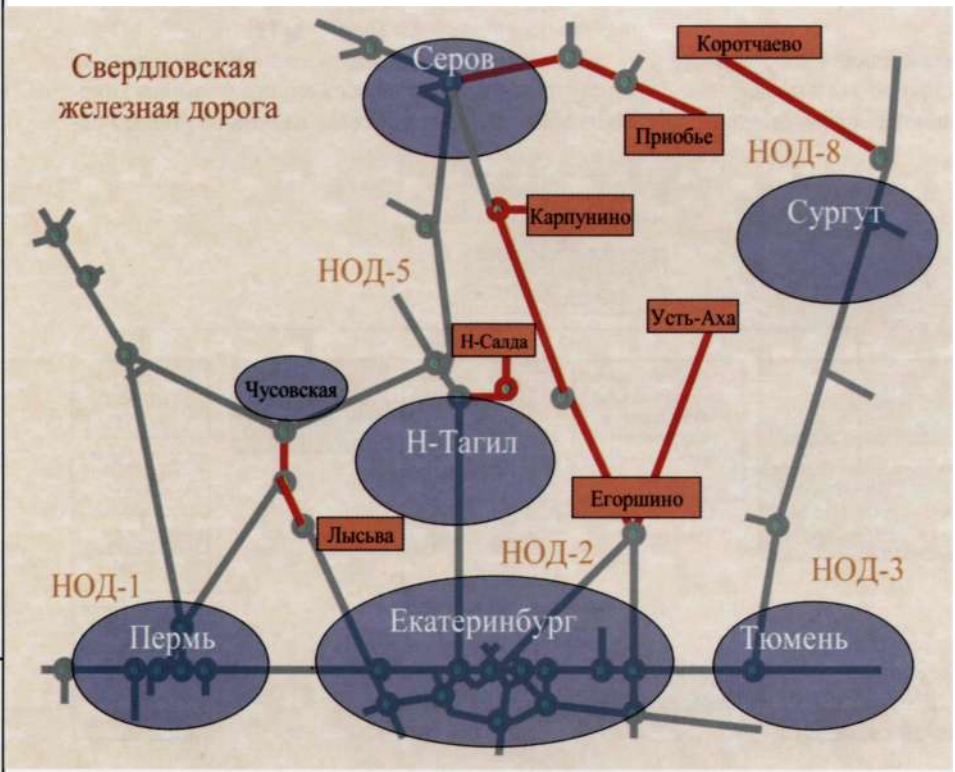


Рисунок 2 – Зоны охвата терминального оборудования каналами связи

С конца ноября 2004 года на дороге начат перевод кассовых терминалов на общепринятый стандарт протокола обмена TCP/IP, позволяющий для доступа к ЦВК использовать общие сети передачи данных. Благодаря этому значительно расширяются возможности подключения и использования кассовых терминалов и инфоматов (информационных терминалов). Поскольку сети передачи данных являются общедоступными, встал вопрос о защите их от несанкционированного доступа. Дальнейшее развитие системы «Экспресс-3» и пе-

ревод работы пунктов продажи на протокол TCP/IP привело к значительному расширению функций и объемов работы отдела защиты информации. Вопрос защиты программно-технических комплексов (ПТК) удалось решить путем использования системы VipNet - аппаратно-программного средства защиты. Кассовые аппараты имеют уникальные ключи защиты, генерируемые на основе заводского номера терминала. VipNet - клиент терминала и VipNet - сервер (координатор), непосредственно подключенный к ЭВМ "Экспресс-3", имеют, таким образом, защищенный от постороннего вмешательства, закодированный канал обмена информацией [4].

Сдерживающим фактором перевода всех касс по продаже железнодорожных билетов на новый протокол обмена является отсутствие связи на ряде участков дороги, обеспечивающей работу по протоколу TCP/IP: Сургут-Коротчаево; Серов - Приобье; Егоршино - Усть-Аха; Нижний Тагил - Нижняя Салда; Егоршино - Карпунино; Чусовская - Лысьва.

На рисунке 2 показаны зоны сустаревшими каналами связи, не позволяющими подключить современные высокоскоростные терминалы системы «Экспресс-3» на данных участках дороги. Задержка с решением этого вопроса не позволяет ИВЦ дороги уйти от технической поддержки устаревших ЭВМ (IBM-9672.R31), что является экономически нецелесообразным.На начало 2005 года региональным центром обслуживается 1260 комплектов терминального оборудования, которое находится на балансах НДОП, ДОПП, ИВЦ. Обслуживание пассажиров производится в 686 билетных кассах железных дорог и сторонних предприятий. В течение 2004 года кассами Свердловской железной дороги принято и оформлено для перевозки групп 383 тыс. мест на пассажирские поезда. Заявки на групповые перевозки принимаются в билетных кассах на 92 станциях дороги, бронирование мест производится на 6 терминалах дороги, установленных в ОДБ, ЛБК. На сегодняшний день АРМ АСУ Экспресс работают на всех рабочих местах руководителей дирекций, ОДБ, ЛБК дороги, экономистов дирекций, специалистов по маркетингу, работников отдела вокзалов и т.д.

Терминальное оборудование, установленное на вокзалах, предлагается передать на баланс дирекции, а обслуживающий его штат включить в штат дирекции. Эффект от внедрения и развития системы "Экспресс-3" на базе современных технических средств позволит завершить полную автоматизацию всех основных технологических процессов пассажирского хозяйства. На основе разрабатываемой системы появятся новые виды услуг, что позволит [5]:

- поднять культуру обслуживания пассажиров на промежуточных станциях по ходу следования поезда за счет учета конкретных номеров мест по всему маршруту следования поезда;

- развить сеть независимых агентств по продаже билетов "Экспресс-3" с целью реально приблизить пункты реализации билетов к местам проживания потенциальных пассажиров в мелких городах, сельских районах, населенных пунктах, не имеющих прямого железнодорожного сообщения;

- осуществлять оперативное управление использованием подвижного пассажирского состава. Осуществлять опережающее планирование перевозок за счет автоматизации маркетинговых исследований;

- ввести гибкие тарифы на проезд пассажиров в зависимости от комфортабельности поездки, даты выпуска и состояния (классности) вагона, мужские - женские купе, вагоны с сервисными услугами;

- увеличить период срока резервирования с 45 до 63 суток, а для групповых перевозок до 9 месяцев;

- обеспечить возврат билетов по номеру бланка с контролем информации по АБД (автоматизированным базам данных);

- ввести автоматический контроль номеров проездных документов при печати по штриховому коду с возможностью считывания штрихового кода ручным сканером при возврате билета.

Кроме этого, система "Экспресс-3" будет иметь возможность при необходимости обслуживать пассажиров на автомобильном и речном транспорте и резервировать места на воздушном транспорте, а также взаимодействовать с другими системами железнодорожного транспорта и с международными системами резервирования мест [6].

Оценивая социальную и экономическую значимость развития системы «Экспресс-3», авторы видят целесообразным проанализировать практические аспекты управления системой на основных этапах ее внедрения. На основе имеющегося зарубежного и отечественного опыта в области экономики управления можно сделать вывод о том, что большое количество идентичных функций, выполняемых различными подразделениями, целесообразно концентрировать в одном подразделении. Это обусловлено «эффектом масштаба» (экономии на издержках при расширении деятельности предприятия), т.е. происходит сокращение дублирующих функций, повышается уровень производительности труда работников, задействованных в основном производстве, уменьшение аппарата управления. Следовательно, у предприятия появляется возможность наращивать объемы производства и производить более качественную продукцию или сокращать персонал в аналогичных подразделениях.

В подтверждение вышеизложенного данную ситуацию можно проследить на примере объединения ЦВК ИВЦ Свердловской и Южно-уральской железных дорог в рамках создания регионального «Экспресс-3». Так, с 01 февраля 2004 года на Свердловской ж.д. была внедрена международная автоматизированная

система управления пассажирскими перевозками «Экспресс-3», а с 25 ноября 2004 года осуществлено подключение нормативной информационной базы и терминального оборудования Южно-Уральской дороги в региональный центр АСУ «Экспресс-3» Свердловской ж.д.

Были рассмотрены три варианта работы АСУ «Экспресс». Первый вариант предполагал выделение системы «Экспресс-3» из общей структуры ИВЦ в отдельную структуру пассажирской кампании. Второй вариант предполагал оставить систему «Экспресс-3» без изменения, в рамках существующих структур ИВЦ дорог, с последующей модернизацией оборудования. И третий вариант предусматривал создание объединенного регионального центра в рамках двух дорог, с последующей модернизацией оборудования на ИВЦ Свердловской ж.д.

Авторы считают, что выделение аппаратно-программного комплекса «Экспресс-3» в отдельное структурное подразделение пассажирской кампании нерационально, т.к. для самостоятельной работы технического комплекса требуется приобретение ряда устройств общей стоимостью 75-80 млн. руб. АСУ «Экспресс-3» подключена к общему узлу доступа к сети передачи данных и единой системе жизнеобеспечения дорожного информационно-вычислительного центра. ЭВМ АСУ грузовых и пассажирских перевозок взаиморезервируют друг друга при отказе одной из ЭВМ, и при выделении АСУ «Экспресс-3» в отдельную структуру потребуются дополнительные средства на поддержание бесперебойной работы системы. Кроме этого, потребуется увеличение штата до 50-53 человек и увеличение эксплуатационных расходов до 67-70 млн. руб. в год. Все это подчеркивает нецелесообразность первого варианта.

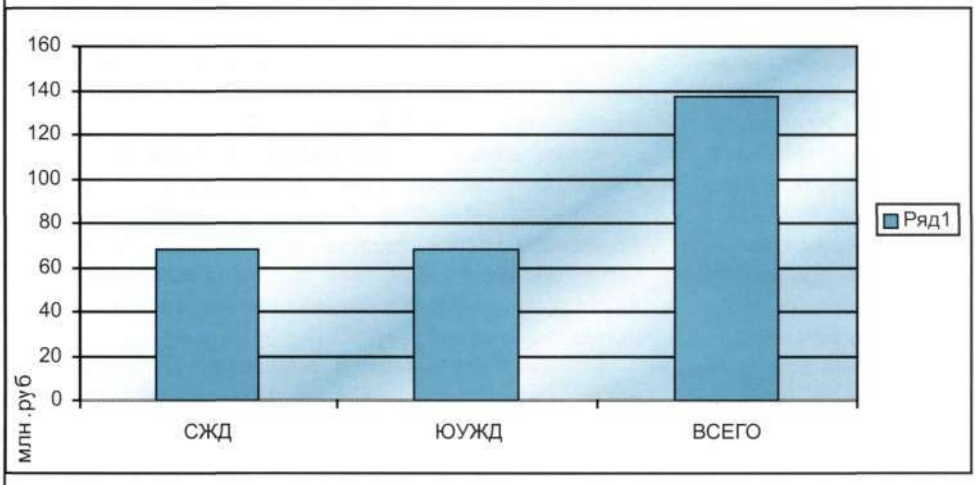


Рисунок 3 – Анализ затрат АСУ «Экспресс-3» по второму варианту

Второй вариант является менее затратным в сравнении с первым, по которому для модернизации АСУ «Экспресс» потребуется около 68,5 млн. руб. для каждого ИВЦ дорог, а в общей сумме порядка 140 млн. руб. (рис. 3)

Третий вариант объединенного регионального центра является наиболее выгодным по сравнению с двумя предыдущими вариантами, т.к. общая сумма затрат на приобретение технических средств, требуемых для работы системы, составляет 70,5 млн. руб. (рис.4.).

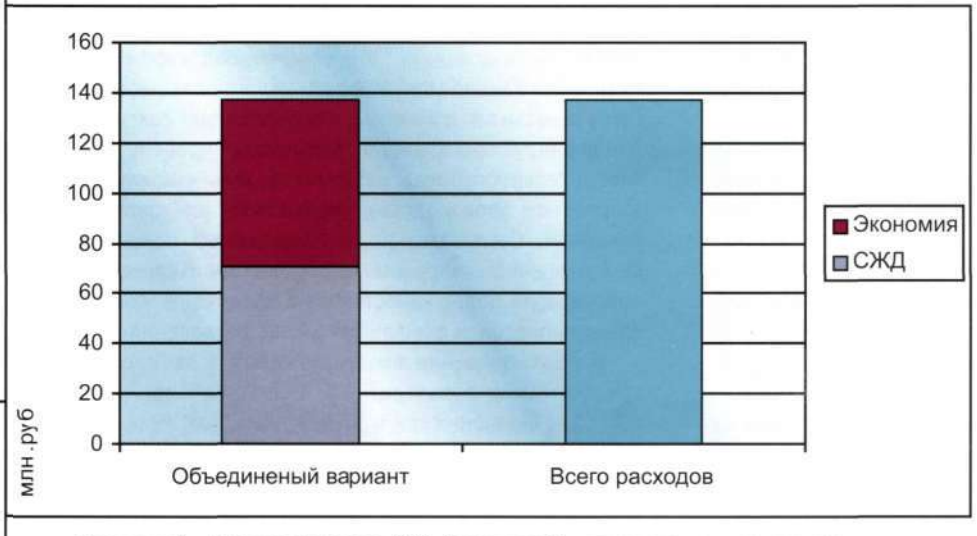


Рисунок 4 – Анализ затрат АСУ «Экспресс-3» по третьему варианту

Авторы предлагают проанализировать данную ситуацию, применив методику расчета эффективности управления предприятием, основанную на сравнении достижимости цели за определенный период времени. В нашем случае, мы сравниваем достигнутые цели - объединение АСУ «Экспресс - 3» в рамках двух дорог, и применение данной методики наглядно должно показать

улучшение результатов работы системы от проведенных мероприятий. Следует сказать и то, что данная методика не позволяет определить полную и реальную эффективность управления в целом всего ИВЦ.

Расчет для оценки эффективности управления предприятием от принятых мероприятий проанализируем за два периода (до и после объединения). Предлагается следующий порядок расчета.

1. Определяется доля затрат на управление ($Д_{зу}$) в сумме общих затрат предприятия

$$Д_{зу} = З_{у} / З_{общ}$$

где $З_{у}$ – затраты на управление;

$З_{общ}$ - общие затраты на производство.

2. Рассчитывается доля управленческого аппарата ($Д_{у}$) в численности промышленно-производственного персонала

$$Д_{у} = Ч_{у} / Ч_{пп}$$

где $Ч_{у}$ – численность работников управления;

$Ч_{пп}$ - численность промышленно-производственного персонала.

3. Удельный вес управленческих затрат

$$d_{у} = Д_{зу} * Д_{у} * 1000$$

где 1000 - коэффициент, вводимый для увеличения абсолютной величины показателя.

4. Темп изменения удельного веса управленческих затрат ($Td_{у}$) предприятия

$$Td_{у} = d_{у1} / d_{у0}$$

где $d_{у0}$ - удельный вес управленческих затрат в базисном периоде;

$d_{у1}$ - удельный вес управленческих затрат в отчетном периоде.

Темп изменения удельного веса управленческих затрат предприятия показывает, как влияет аппарат управления на производственно-хозяйственную деятельность предприятия, позволяет судить о текущей эффективности управления предприятия, в то время как отношение абсолютных величин неизбежно отражало бы результаты прошлых периодов.

5. Коэффициент стабильности кадров

$$К_{ск} = 1 - Ч_{ув} / Ч + Ч_{п}$$

где $Ч_{ув}$ - численность работников, уволившихся с предприятия по собственному желанию и из-за нарушений трудовой дисциплины за отчетный период, чел;

$Ч$ - среднесписочная численность работников на данном предприятии в период, предшествующий отчетному, чел;

$Ч_{п}$ - численность вновь принятых за отчетный период работников, чел.

В некоторых случаях текучесть кадров может иметь положительное влияние из-за качественного обновления кадрового состава более квалифицированными специалистами. Важность этого критерия определяется большой сменяемостью работников, что держит аппарат управления в постоянной напряженности, являясь причиной больших расходов на подготовку и обучение персонала. В целом, высокие показатели текучести и сменяемости кадрового состава работников могут рассматриваться как индикатор производственных и социальных затруднений.

6. Темп изменения коэффициента стабильности кадров

$$ТК_{ск} = К_{ск1} / К_{ск0}$$

где $К_{ск1}$ - коэффициент стабильности кадров в отчетном периоде;

$К_{ск0}$ - коэффициент стабильности кадров в базисном периоде.

7. Доля затрат на одного работника из числа общих затрат предприятия за определенный период

$$Д_{зобщ} = З_{общ} / Ч$$

8. Темп роста доли затрат на одного работника из числа общих затрат предприятия

$$Т_{дзобщ} = Д_{зобщ1} / Д_{зобщ0}$$

где $Д_{зобщ1}$, $Д_{зобщ}$ - доли затрат на одного работника из числа общих затрат предприятия за отчетный и базисный периоды.

9. Темп роста производительности труда

$$ТП_{т} = П_{т1} / П_{т0}$$

где $П_{т1}$ и $П_{т0}$ соответственно производительность труда в отчетном и базисном периоде, рассчитанная по трудоёмкости. Данный показатель имеет смысл использовать при оценке эффективности управления крупным промышленным предприятием, так как номенклатура и объём выпуска продукции достаточно стабильны, и структурные сдвиги, как правило, незначительны. Темп роста производительности труда показывает результативность живого труда, ведь в конечном итоге эффективность приносят не механизмы, а люди.

10. Коэффициент, характеризующий эффективность производственно-хозяйственной деятельности

$$Эпхд = Т_{Пт} * Т_{Кск} / ТД_{Зобщ}$$

11. Показатель, характеризующий эффективность управления предприятием

$$Эу = Эпхд * Tdy \rightarrow max$$

Расчет показателей эффективности управления внесен в таблицу 1.

Из проведенного анализа (таблица 1) можно сделать вывод, что на данном этапе организация и управление ИВЦ по комплексу пассажирских перевозок осуществляется эффективнее после объединения

Таблица 1 - Показатели оценки эффективности управления ИВЦ по задачам пассажирского комплекса

Наименование показателей	До объединения	После объединения
1. Доля затрат на управление в сумме общих затрат предприятия	0,0287	0,0268
2. Доля управленческого аппарата в численности производственного персонала	0,0207	0,0191
3. Удельный вес управленческих затрат	0,5941	0,5118
4. Темп изменения удельного веса управленческих затрат предприятия	0,8616	0,8974
5. Коэффициент стабильности кадров	0,8736	0,9808
6.Темп изменения коэффициента стабильности кадров	0,998	1,123
7. Доля затрат на одного работника из числа общих затрат предприятия	58175,0	55757,2
8. Темп роста доли затрат на одного работника из числа общих затрат предприятия	1,326	0,958
9. Темп роста производительности труда	1,144	1,241
10. Коэффициент, характеризующий эффективность производственно-хозяйственной деятельности предприятия	0,861	1,454
11. Показатель, характеризующий эффективность управления предприятием	0,772	1,253

на 0,481 условную единицу. Данный показатель был достигнут за счет снижения доли затрат на каждого работника и на управление, увеличения темпа роста производительности труда. Также наблюдается увеличение коэффициентов стабильности кадров и эффективности производственно-хозяйственной деятельности. Следовательно, намеченные цели достигнуты, что и следовало доказать. Об эффективности организации и управления региональным центром АСУ«Экспресс-3» говорит и ряд других показателей работы.

На данный момент к региональной АСУ «Экспресс» СЖД подключено (рис. 5):

- 686 рабочих мест билетных кассиров для оформления проезда на поезда дальнего, местного, международного и пригородного сообщениий, оформления багажа, грузобагажа и почты (в том числе 231 коммерческая касса).
- 428 кассовых терминалов Южно-Уральской ж.д.

Территориально билетно-кассовая аппаратура размещена:

НОД-1 - 104 (15%)	Пермь ЛВОК-24(23%)
НОД-2 -213 (31%)	Свердловск ЛВОК-79 (37%)
НОД-3 -86 (13%)	Тюмень ЛВОК- 26 (30%)
НОД-5 -108 (16%)	Н-Тагил ЛВОК-14(13%)
НОД-8 - 175 (25%)	Сургут ЛВОК - 9 (5%)

Все работы по внедрению системы «Экспресс -3» выполняются в рамках программы информатизации отрасли, в результате чего ежегодно происходит увеличение количества терминалов. Эта положительная тенденция сохранится и в последующие годы. Связано это, в первую очередь, с повышением уровня обслуживания пассажиров, расширением количества предоставляемых услуг и созданием конкурентной среды в системе управления пассажирскими перевозкам.

За счет объединения аналогичных функций ИВЦ по системе «Экспресс-3» на СЖД и ЮУЖД и передачи данных функций в региональный центр возросло количество выданных мест, произошло повышение производительности труда (с 800 млн. знаков в сутки до объединения до 1000 млн. после), снижение стоимости одного оформленного места, с 2,86 руб. по СЖД и 9,25 руб. по ЮУЖД до объединения до 2,07 руб. после объединения (таблица 2). Также произошла экономия по фонду оплаты труда за счет перевода работников, обслуживающих систему «Экспресс-3», на ЮУЖД в количестве трех человек, что составляет порядка 40 тыс. руб. ежемесячно. К сожалению, имеющаяся статистика цифр (таблица 2) не отражает полной работы АСУ «Экспресс-3», так как показатели были взяты за неравноценные периоды работы (сезонные колебания). Поэтому более детальный и точный анализ можно будет провести в конце 2005 года.

Таким образом, будет сформирована основа для решения стратегических бизнес-задач пассажирского комплекса на базе информационных технологий, реализуемых при внедрении III этапа системы Экспресс-3, а полученные результаты - создание регионального центра - подтверждают правильность намеченных целей на этом этапе реформирования.

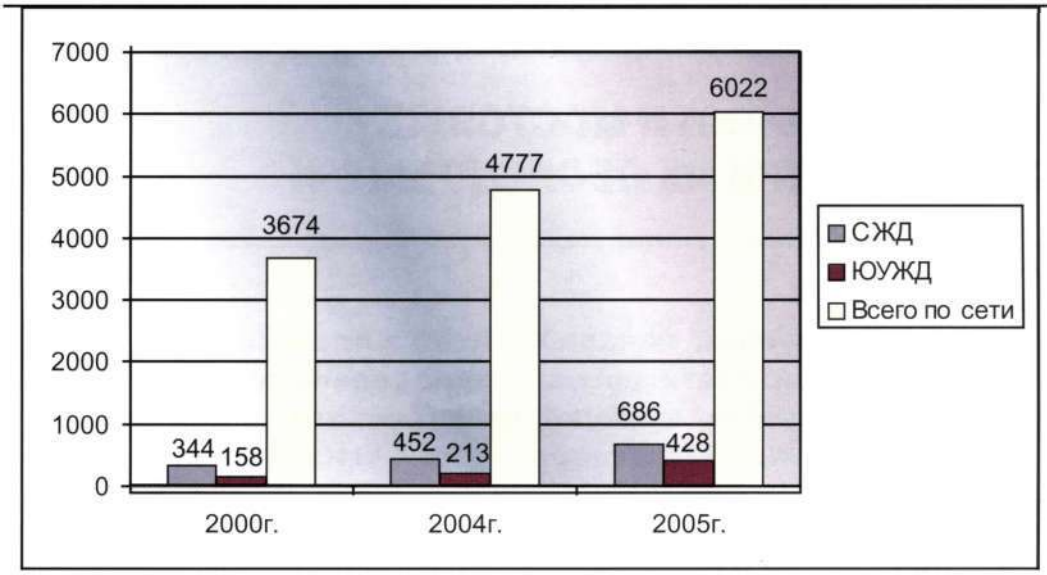


Рисунок 5 – Количество терминалов по железным дорогам Уральского региона

Информационная поддержка новой экономической стратегии работы отрасли должна обеспечить непрерывное совершенствование методов анализа и повышения эффективности принятия решений в задачах организации пассажирских перевозок, оптимизацию тарифов и проведение маркетинговых исследований для повышения спроса на пассажирские перевозки, увеличение доходов от пассажирских перевозок и снижение эксплуатационных расходов.

Для исключения неоправданных расходов в связи с принятием необдуманных, поспешных решений должен быть применен поэтапный (миграционный) метод перехода к новой организационной структуре управления на основе корпоративной информационно-управляющей технологии, обеспечивающей эффективное решение бизнес - задач ФПД.

Таблица 2 - Показатели работы АСУ «Экспресс-3»

Показатели работы	До объединения		После объединения
	СЖД	ЮУЖД	Свердловский региональный центр
Количество терминалов в работе, шт	373	172	541
Производительность труда, млн. зн/сут	800	-	1000
Стоимость одного оформленного места, руб.	2,86	9,25	2,07
Количество выданных мест в сутки	31305	14100	37500

Литература

1. Березка М.П. Маршрутизация сообщений в сети передачи данных АСУ "ЭКСПРЕСС-2"// www.MPS.ru.

2. Красильникова Н.Н. Повышение эффективности использования пассажирского подвижного состава на базе АСУ "ЭКСПРЕСС"// www.MPS.ru

3. Зябиров Х.Ш. Информационные технологии на железнодорожном транспорте // Информационные технологии на железнодорожном транспорте - IX международная научно-практическая конференция // Инфотранс - 2004, С-Петербург, 2004

4. Родин И.В., Березка М.П. Результаты внедрения системы управления пассажирскими перевозками «Экспресс-3» и перспективы ее развития // Информационные технологии на железнодорожном транспорте: IX международ, науч.-практ. конф. «Инфотранс - 2004». - С-Петербург, 2004.

5. Марчук Б.Е. Управление пассажирскими перевозками на базе системы «Экспресс-3» // Железнодорожный транспорт. - 2004. - N212.

6. Марчук Б. Е., Красильникова Н. Н., Макарова Е. А. АСУ «Экспресс-3». Комплекс задач «Эффективность» // Железнодорожный транспорт. -2004. -№04.

7. Никитин О.А. Развитие позитивных тенденций // Железнодорожный транспорт. - 2004. - N210.

8. Информационным ресурсам - надежную базу // Железнодорожный транспорт. - 2004.- N212.

Скоробогатов С.М.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ МОСТОВЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ ПРИ ИХ ОБСЛЕДОВАНИИ



Скоробогатов Семен Макеевич, ***член-корр. РААСН, заслуженный деятель науки РФ, доктор техн. наук, профессор (УрГУПС)***

Конструкции начала XIX века и послевоенной постройки, достигшие в XX веке своего предельного возраста, требуют капитального ремонта или замены. Целесообразность усиления этих конструкций определяется степенью их долговечности, которая может быть оценена с помощью новой методики живучести»

Живучесть изгибаемых элементов в данной работе означает степень работоспособности конструкции, являющейся основой для определения долговечности (остаточного ресурса). Методика живучести изгибаемых элементов предполагает проверку стадий работы на отсутствие или наличие повреждений в сжатой зоне в виде опасных продольных мезо - и макротрещин, определяющих долговечность под влиянием длительно действующей нагрузки или агрессивной среды, а также ремонтоспособность и целесообразность восстановления конструкций при ликвидации последствий от катастроф. Существо вычислительного процесса при проектировании заключается в ограничении продольных напряжений в сжатой зоне или выяснении при затрудненных условиях обследования специальных параметров живучести на основе глубины и ширины нормальных трещин.

Долговечность бетона в связи с его коррозией изучается давно и ей посвящены солидные монографии [1, 2] и обстоятельные научные статьи [3, 4]. Имеются смелые попытки в построении методики определения степени воздействия различных видов коррозии на остаточный срок эксплуатации в годах [5, 6]. Согласно общеизвестной классификации [1], можно привести три основных вида коррозии. Первый вид коррозии называют карбонизацией бетона. Он вызывает процесс «выщелачивания» извести под воздействием углекислого газа. Второй тип коррозии - «кислотный», характерный, например, для очистных канализационных сооружений. Он обусловливает перерождение цементного камня в амфорную, пористую структуру. Третий тип коррозии связан с образованием в порах расширяющихся кристаллов, приводящих к разрушению структуры бетона. Это «сульфатная» коррозия бетона. Кроме этих основных видов коррозии отмечаются другие, так называемые «внутренние» коррозии, к которым относят морозные циклы, солевое и морское разрушение.

В некоторых научных работах приводится методика определения остаточного срока эксплуатации в годах при различных видах коррозии. Однако, в реальных условиях при обследовании натурных массивных и протяженных конструкций (мостов, резервуаров для сточных вод и т.п.) в силу их недоступности и отсутствия информации о них трудно или почти невозможно получить исходные данные как параметры, необходимые для подсчета остаточного срока эксплуатации. К таким трудно добываемым параметрам относят глубину коррозии, ее скорость и даже вид коррозии, особенно ее третий вид. Для конструкций, прослуживших 50 ... 70 лет, в частности, довоенной постройки, проектная документация, как правило, отсутствует. Подсчет накапливания повреждений в сооружениях по годам никто не осуществлял. Никто не вычислял остаточный срок эксплуатации после проведения капитального ремонта. История строительства давнишних сооружений почти не фиксируется в соответствующих паспортах.

Вследствие низкого качества бетонирования и проката арматуры по весу систематические ошибки могут перекрывать поле нормального распределения принятого для бетона и стали. Для массивных и протяженных конструкций в существующих теориях долговечности не предусматривается масштабный коэффициент. Построить расчетную модель для определения проектного или остаточного срока эксплуатации невозможно. В условиях остро мотивированного обследования, предаварийного состояния получение остаточного срока эксплуатации в 1...5 лет выглядело бы юридически рискованным. В трудно контролируемых воздействиях сурового климата и недоступных условиях осмотра высоких сооружений использование принципов моторесурсов из машиностроения мало обосновано. Отсутствие систематического и квалифицированного контроля во время эксплуатации делает попытки расчета срока эксплуатации в годах для натурных сооружений условными.

На пути использования существующих теорий долговечности имеется препятствие принципиального порядка, заключающееся в неучете фундаментального свойства изгибаемых элементов: в его малой чувствительности несущей способности на изгиб от прочности бетона в сжатой зоне. Элементарные расчеты по СНиП 2.03.01 - 84* [7] показывают, что для балки, ригеля прямоугольного сечения независимо от его высоты при одном и том же проценте армирования μ = 0,5 % и арматуре класса А - III снижение прочности бетона в 2 раза (В25 и В12,5 МПа) приводит к снижению несущей способности на изгиб только на 10 %. Это фундаментальное свойство изгибаемых элементов обусловливает главный фактор в определении надежности и долговечности железобетонных плит, балок, ригелей. Неучетом этого свойства страдают многие теории долговечности.

Таким образом, прямое применение существующих методик по определению остаточного срока эксплуатации только по осевому сжатому бетону для изгибаемых элементов недостаточно правомерно. Проблему долговечности надо решать с учетом особой конструктивной характеристики изгибаемого и других элементов.

Удивительно, что некоторые исследователи пытаются разрабатывать методики по долговечности независимо от вида напряженного состояния (изгиб, внецентренное сжатие и растяжение, главные растягивающие напряжения) и стадии работы конструкции без распознавания микро-, мезо-, макротрещин по О.Я. Бергу [8].

Для решения проблемы долговечности имеется физически достоверный путь, основанный на современном сейсмоакустическом методе исследования глубинных слоев бетона, реальном определении напряженного состояния и продольного трещинообразования, применении параметров живучести и масштабных коэффициентов. Предлагаемая методика живучести для выяснения долговечности в битах состоит из пяти этапов.

Первый этап включает ускоренный сейсмоакустический метод исследования глубинных слоев бетона для протяженных конструкций и сооружений (100м и более) с локальными диапазонами 1 ... 4 м [9]. Наиболее слабые участки бетона изучаются традиционными методами: склерометрическим и ультразвуком. Этот метод позволяет изучать глубинные слои бетона, минуя поверхностные поврежденные участки. Соотношения между скоростями поперечных и продольных волн позволяет наметить направление и расположение продольных или поперечных мезо- и макротрещин. Цветная картина томографии дает представление о наиболее слабых местах в обследуемом объекте и даже наметить схему продольных и поперечных трещин для дальнейшего использования в новой методике живучести.

Второй этап - это использование глубины x_{crc} и ширины a_{crc} раскрытия поперечных (нормальных) трещин для выяснения реального напряженно-деформированного состояния изгибаемой конструкции. Для всех видов коррозии ведущим и неотвратимым и общим процессом является нарушение структуры (деструкция) бетона. Развитие в нем продольных мезо - и макротрещин является неконтролируемым процессом так же как и скорость коррозии бетона. Мониторинг за этими явлениями невозможен. Однако все эти стохастические изменения со структурой и прочностью бетона в конечном итоге интегрируются в более или менее детермированные итоговые оценки в виде x_{crc} и a_{crc} (рис.1). По существу, только две физические величины - глубина x_{crc} и ширина a_{crc} определяют напряженно-деформированное состояние элемента на момент обследования. Все виды коррозии влияют на прочность бетона в сжатой зоне, а через нее суммарно отражаются в виде величин x_{crc} и a_{crc}. Количество арматурных стержней и напряжение в них определяются как производные от этих величин. Остаточный после коррозии диаметр арматурного стержня при небольшом уточнении можно определить по методике [5].

Согласно гипотезе плоского сечения (рис.1,а), вначале следует определить величину относительных удлиннений $\varepsilon_s = \sigma_s / \oplus_s$. Для этого можно воспользоваться формулой (144) из СНиП 2.03.01 - 84* [7]:

$$a_{crc} = \delta \cdot \varphi_1 \cdot \eta \cdot (\sigma_s / E_s) \cdot 20 \cdot (3{,}5 - 100\,\mu) \cdot (d)^{0{,}333}, \text{ мм} \quad (1)$$

Формулу (1) необходимо несколько видоизменить, чтобы перейти от обеспеченности P = 0,95 к P = 0,5 [10]. Относительное удлинение $\varepsilon_s = \sigma_s / E_s$ можно также получить из формулы В.И. Мурашева (7,1) из [11], но в современных обозначениях:

$$a_{crc} = \psi_s \sigma_s l_{crc} / E_s, \quad (2)$$

где l_{crc} - расстояние между трещинами, которое можно определить из [11] или из натурных измерений.

Напряжение σ_s в арматуре определяется также через изгибающий момент, если известна действующая нагрузка:

$$\sigma_s = M / A_s Z, \text{ или } \sigma_s = (M - P(Z - e_{sp}))/A_s Z. \quad (3)$$

В научной отечественной и зарубежной литературе имеются и другие предложения по определению величины ε_s

Согласно рис.1, а кинематика плоского сечения характеризуется следующими соотношениями:

$$(\varepsilon_s - \varepsilon_{bc}) / \varepsilon_s = x_{crc} / x_s;\ x_s / \varepsilon_s = x_{crc} / (\varepsilon_s - \varepsilon_{bc});$$
$$\varepsilon_{bc} / \varepsilon_s = x_{bc} / x_s. \quad (4)$$

Это дает возможность определить высоты отдельных частей сечения

$$x_{bc} = h_o - x_s;\ x_{bt} = \varepsilon_{bt} x_s / \varepsilon_s;\ \xi_{bc} = x_{bc} / h_o;$$
$$;\ \xi_{bt} = x_{bt} / h_o. \quad (5)$$

Вычисления по кинематике заканчиваются определением относительной деформации в крайнем сжатом волокне бетона, которая равна

$$\varepsilon_{bc} = \varepsilon_s x_{bc} / x_s. \quad (6)$$

В качестве третьего этапа следует процедура теоретического определения напряжения в крайнем сжатом волокне.

Напряжение в сжатом бетоне можно определить по любой подходящей из известных формул для зависимости $\sigma - \varepsilon$. Ради стандартизации и упрощения следует обратить внимание на формулы для кривых $\sigma_s - \varepsilon_s$, рекомендованных в нормах Eurocode 2 [12]:

$$\sigma_c = f_{cm}(k\eta - \eta^2)/(1 + (k-2)\eta) \qquad (7)$$

где $\eta = \varepsilon_c / \varepsilon_{c1}$

Переход от средней кубиковой прочности $R_{куб}$, замеренной во время обследования, к призменной (или цилиндрической) высокой прочности лучше всего осуществлять из работы [13]. Среднюю прочность бетона на растяжение при этом наиболее обоснованно определять по известной формуле Фере.

Равнодействующие N_{bc}, N_{bt}, N_s требуют проверки по условию равенства суммы проекций всех сил на продольную ось, т.е. $\sum X = 0$:

$$-N_{bc} + N_{bt} + N_s = 0 \qquad (8)$$

Выражение для равнодействующей сжатой зоны бетона имеют сложную форму. Рассмотрим более простой случай, когда K = 2 в формуле (7), что соответствует формуле ЕКБ-ФИП 1970:

$$\sigma_b = R_b(2\eta - \eta^2) \qquad (9)$$

где $\eta = \varepsilon_в / \varepsilon_{вm}$; $\varepsilon_{вm}$ - относительная деформация бетона при сжатии, когда $\sigma_в = R_в$. Согласно формуле (9) равнодействующая бетона $N_{вс}$ равна [14]:

$$N_{вс} = b\int \sigma_в\, dx = R_в\, b\, X_{вс}\,(\varepsilon_в / \varepsilon_{вm} - \varepsilon^2_в / 3\varepsilon^2_{вm}), \qquad (10)$$

где $\sigma_в$ и другие обозначения видны из рис. 1. В формуле (10) пределы интегрирования от 0 до $X_{вс}$. Для значений напряжения $\sigma_в = R_в = R_{цил}$ = 10, 15, 20, 25, 30, 35 и 40 МПа относительную деформацию можно принять как $\varepsilon_{вm}$ = 0,0015; 0,00167; 0,0018; 0,00191; 0,00203; 0,00215; 0,00222.

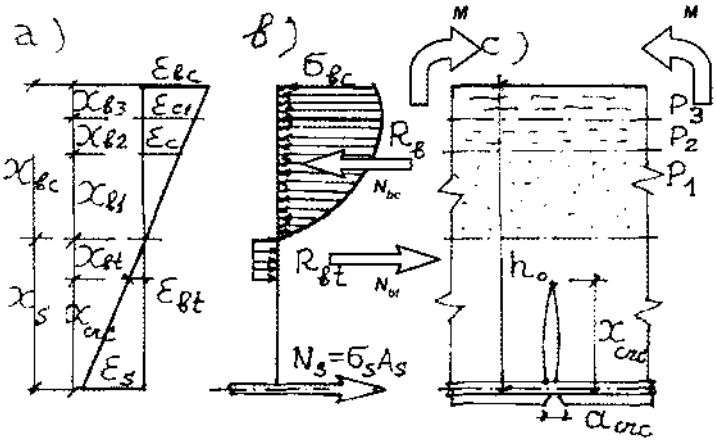
Если в случае большого разброса в прочности бетона и других случайных внешних воздействий на величину x_{crc} проверка по условию равенства - $N_{вс} + N_{bt} + N_s = 0$ не удовлетворяется, то следует уточнить значение относительной высоты сжатой зоны $\xi_{вс} = x_{вс} / h_0 = 1 - \xi_s$ из развернутого уравнения $\sum X = 0$, составленного на основе средних кривых деформаций бетона и арматуры.

Для более простого случая зависимости $\sigma_в - \varepsilon_в$ (9) ЕКБ - ФИП 1970 г. уравнение $\sum X = 0$ приобретает кубическое выражение:

$$(1 + 3\varepsilon_{вm}/\varepsilon_s - 3w R_{bt}\varepsilon_{bt}\varepsilon_{вm}^2/(R_в\varepsilon_s^3))\,\xi_s^3 -$$
$$-(3 + 6\varepsilon_{вm}/\varepsilon_s + 3\sigma_s\mu_s\varepsilon_{вm}^2/R_в\varepsilon_s^2)\,\xi_s^2 +$$
$$+(3 + 3\varepsilon_{вm}/\varepsilon_s)\,\xi_s - 1 = 0, \qquad (11)$$

где w = 1,0 - коэффициент полноты эпюры растянутой зоны бетона (рис. 1,б);

Рисунок 1 - Кинематическая схема плоского сечения (а), эпюра напряженного состояния (в) и схема продольных трещин в сжатой зоне (с)



μ - коэффициент армирования изгибаемого элемента;

$\xi_s = x_s / h_0$ - полная относительная высота растянутой зоны поперечного сечения, включающей глубину трещины x_{crc} и высоту растянутой зоны бетона x_{bt}.

Кубическое уравнение (11) относительно величины ξ_s можно просто решить методом Ньютона и программой Excel (электронных таблиц).

Кроме проверки по уравнению $\sum X = 0$, необходимо произвести сравнение суммарного момента изгибаемого элемента с действующим моментом от внешних нагрузок $\sum M = 0$:

$$[M] = M_{вс} + M_{bt} + M_s \qquad (12)$$

Внутренние моменты определяются относительно нейтральной оси (рис. 1, в).

В результате вычислений по третьему этапу получаем основные величины, характеризующие напряженно-деформированное состояние изгибаемого элемента:

$$\sigma_{bc},\ \sigma_{bt} = R_{bt};\ \xi_{вс} = x_{bc}/h_0 \text{ и } \xi_{bt} = x_{bt}/h_0. \qquad (13)$$

Теоретически определяемая величина X_s и соответственно другие величины (13), полученные на основе кривых деформаций бетона и арматуры, оказались достаточно информативными и устойчивыми, чтобы успешно использовать их в методике живучести.

Использование более сложной зависимости $\sigma - \varepsilon$ (7) из Eurocode [12] в уравнение $\sum X = 0$ приводит к более сложным уравнениям [14, с.201 - 208].

На четвертом этапе расчета определяется обобщенная характеристика напряженно-деформированного состояния, адекватно определяемая единым параметром живучести, вычисляемым по формуле:

$$H_{ser} = \sigma_{bc}\xi_{bc}/R_{bt}\xi_{bc}, \text{бит} \qquad (14)$$

На рис. 2 показана кривая живучести для железобетонного изгибаемого элемента высотой сжатой зоны $x_{bc} \cong 30$ см. Можно приближенно принять высоту x_{bc} как половину высоты сечения изгибаемого прямоугольного элемента, т.е. $x_{bc} \cong 0{,}5\ h$. На этой кривой в зависимости от соотношения действующего и предельного моментов M / M_u показана схематически работа различных изгибаемых элементов, где $H_{ser} \cong 1{,}48$ - образование нормальных трещин, соответствующее поперечной трещиностойкости элемента;

$\lim H_{ser} \cong 1{,}32$ - предельная живучесть или трещиностойкость по продольным трещинам в сжатой зоне изгибаемого элемента;

M_{max} соответствует моменту, когда σ_{bc} равно $f_{ah0} = \overline{R}_b$;

M_i / M_{max} - соотношение, учитывающее в конечной стадии исчерпание нисходящей ветви на кривой бетона.

Конкретные величины параметров H_{ser} на основе простой формулы (9) помещены в табл. 7.4 [15]. Наибольшая величина $H_{ser} = 1{,}585$ соответствует упруго-пластической работе изгибаемого элемента (без трещин).

Исходя из истории возникновения новой методики, следует отметить, что величина $H_{ser} = 1{,}585$ впервые появилась в результате дополнительного анализа поведения изгибаемых балок из работы канд.техн.наук В.В. Домнина, выполненной под руководством автора. Необходимость более глубокого теоретического и физического обоснования этой величины привело, в конечном итоге, к обращению к информационной энтропии H_i по К.Э. Шеннону ($H_i = 1{,}585$) и иерархии трещинообразования по М.М.Холмянскому и Ю.В.Зайцеву.

Удивительное совпадение на кривых H_i и H_{ser} величины 1,585 [14] при трехступенчатой иерархии в трещинообразовании послужило сильным мотивом к разработке новой методики. Замечательное свойство параметра H_{ser} заключается в том, что эта величина почти не зависит от прочности бетона и процента армирования изгибаемого элемента.

Долговечность изгибаемой конструкции обеспечивается, если ее живучесть H_{ser} больше критерия живучести $\lim H_{ser}$:

$$H_{ser} \geq \lim H_{ser} \qquad (15)$$

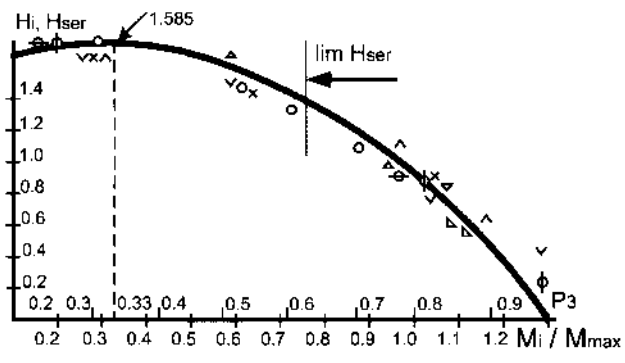


Рис.2. Сопоставление кривой информационной энтропии H_i по К.Э.Шеннону с параметрами живучести H_{ser} по результатам экспериментов различных авторов и расчета балок (Л.Л.Паньшин)

$P_з$ - вероятность появления макротрещин;

M_i / M_{max} - соотношение изгибающих моментов;

- $P_l = 0.005$, $f_{cube} = 32.1$ MPa, A400, Л.Л.Паньшин (2003)
- $P_l = 0.00785$, $f_{cube} = 44.5$ MPa, 20G2AV, В.В.Домнин (1974)
- $P_l = 0.00863$, $f_{cube} = 42.2$ MPa, 20G2AV, В.В.Домнин (1974)
- $P_l = 0.0166$, $f_{cube} = 36.2$MPa, A400, М.А.Беккиев (1985)
- $P_l = 0.015$, $f_{cube} = 32.1$ MPa, A400, Л.Л.Паньшин (2003)
- $P_l = 0.0225$, $f_{cube} = 23.3$MPa, 15 15GV, В.В.Домнин (1974)
- $P_l = 0.025$, $f_{cube} = 65.0$ MPa, 80Si, В.В.Дегтерев (1969)
- $P_l = 0.030$, $f_{cube} = 32.1$ MPa, A400, Л.Л.Паньшин (2003)
- $P_l = 0.050$, $f_{cube} = 65.0$ MPa, 80Si, В.В.Дегтерев (1969)

Расчетный и физический смысл условия (15) заключается в ограничении величины сжимающих напряжений в крайнем волокне σ_{bc} величиной расчетного сопротивления бетона R_b [7], т.е. чтобы не допустить появления продольных трещин в сжатой зоне бетона:

$$\sigma_{bc} \leq \gamma_{b2} R_b \qquad (16)$$

где $\gamma_{b2} = 0{,}9$ коэффициент, учитывающий длительность действия нагрузок в массивных и протяженных сооружениях;

Условие (16) применяется для крайнего сжатого волокна реальной, а не для условной блочной эпюры сжатой зоны. Это условие особенно актуально для элементов со средним и большим процентом армирования, т.к. оно ставит эти элементы в одинаковые условия с элементами с малым процентом армирования по степени безопасности.

При условии $\gamma_{b2} < 1{,}0$ это ограничение составляет 60 % от средней призменной прочности R_b, а при $\sigma_{cc} < 0{,}9\ R_b$ ограничение составляет 54 % от R_b. Кроме того, в требовании (16) необходимо учесть факт раннего трещинообразования для бетона малой прочности по О.Я. Бергу. Согласно его физическим основам теории прочности [8] для призменной прочности бетона $R_{пр}$ 10,20,30 и 40 МПа, следует учесть, по нашему мнению, понижающий коэффициент γ_{crc} соответственно 0,487; 0,745; 0,89 и 1,0, т.е. применить условие:

$$\sigma_{bc} \leq \gamma_{b2} \gamma_{crc} R_b \qquad (17)$$

Требование по ограничению сжимающих напряжений с целью недопущения продольных трещин в сжатой зоне автор обнаружил в Eurocode2, [12, глава 7], изданного значительно позднее. В Eurocode [12] рекомендуются более жесткие ограничения сжимающих напряжений во избежание появления продольных трещин. Так, только для площади бетона, подвергнутой коррозии от хло-

ридов, морской воды и морозных циклов, предлагается ограничивать сжимающие напряжения величиной 60 % от нормативной цилиндрической прочности. От средней величины цилиндрической прочности f_{cm} = 12, 20,30 и 40 МПа это ограничение будет еще больше, а именно, соответственно 36, 43, 47 и 50 %. Таким образом, здесь тоже учитывается более раннее микротрещинообразование для менее прочных бетонов.

В условиях обследования не всегда можно воспользоваться требованием (16) и (17), т.к. величину расчетного сопротивления R_b трудно получить или обосновать в процессе обследования. Процедура ограничения продольных сжимающих напряжений в изгибаемом элементе действующего сооружения мало вероятна, если неизвестны прочность бетона в момент возведения и величина R_a.

Напротив, условие (15) интегрально аккумулирует все виды воздействий коррозии и нагрузок и представляется правомерным. Кривая H_{sat} (рис.2) представляет не только схему - иллюстрацию требования (15), но имеет самостоятельное значение в проблеме напряженного состояния и долговечности.

Важно отметить, что для обследования требования (15) определяют целесообразность усиления, восстановления, реновации исследуемых железобетонных сооружений и конструкций.

Пятый этап вычислений связан с определением масштабного коэффициента $\gamma_m = H_i / H_3$ и физическим обоснованием кривых живучести H_{set}. Методика живучести основана на признании факта иерархии трещинообразования в изгибаемых конструкциях разного масштаба и на принципе информационной энтропии, применяемой для раскрытия неопределенности в трещинообразовании.

Определение остаточного резерва живучести (в битах) можно представить как дополнение к нормативной методике расчета ко второй группе предельных состояний, т.е. как расчет по ограничению продольных трещин в сжатой зоне изгибаемых элементов (продольная трещиностойкость).

Определение долговечности с помощью критерия живучести дает возможность обследователю перейти со скользкого пути определения остаточного срока эксплуатации в годах на юридически защищенную позицию со ссылкой на R_b из норм.

Литература

1. Коррозия бетона и железобетона. Методы их защиты /Москвин В.М., Иванов Ф.И., Алексеев С.Н., Гузеев Е.А. - М.: Стройиздат, 1980. - 526 с.

2. Основы теории проектирования строительных конструкций. Железобетонные конструкции: Учебное пособие / Чирков В.П., Клюкин В.И., Федоров В.С., Швидко Я.И. - М.: УМК МПС РФ, 1999. - 371 с.

3. Подвальный А.М. О классификации видов коррозии бетона // Бетон и железобетон. - 2004. - N° 2. -С.23- 27.

4. Розенталь Н.К., Чехний Г.В. Стойкость бетонов в газовой среде коллекторов сточных вод// Бетон и железобетон. - 2002. - №- 5. - С23 - 25.

5. Васильев А. И. Оценка коррозионного износа рабочей арматуры в балках пролетных строений автодорожных мостов//Бетон и железобетон. -2000. -№ 2.- С. 20- 22.

6. Пухонто Л.М. К расчету железобетонных конструкций инженерных сооружений с учетом деградации структуры и свойств материалов // Бетон на рубеже третьего тысячелетия: Первая Всероссийская конференция по проблемам бетона и железобетона.- М.: Асс. «Железобетон», 2001. - Книга 2. - С.778 - 792.

7. СНиП 2.03.01 -84 Бетонные и железобетонные конструкции. - М.: Минстрой России, 1996. - 77 с.*

8. Берг О.Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона. М.: Стройиздат, 1961. - 96 с.

9. Скоробогатов СМ. Методика ускоренного исследования протяженных и массивных железобетонных конструкций // Ресурсо- и энергосбережение как мотивация творчества в архитектурно-строительном процессе: Труды годичного собрания РААСН. - Москва - Казань: РААСН, 2003.- С.322-325.

10. Скоробогатов СМ. Рекомендации по определению резерва живучести для железобетонных конструкций, поврежденных нагрузкой неизвестной величины // Известия Вузов. Строительство. - 1998.- № 6. - С.4-7.

11. Инструкция по проектированию железобетонных конструкций (к СНиП 11-8.1 -62). - М.: Стройиздат, 1968 . - С. 211-213.

12. Eurocode 2: Design of Concrete Structures - Part 1.1 : general rules and rules for buildings . - B russels: CEN, 2003. - 225 p.

13. Гуща Ю.П., Ларичева И.Ю. Коэффициенты призменной прочности обычного тяжелого и мелкозернистых бетонов// Бетон и железобетон. - 1984. - № 4. -С.37 - 38.

14. Скоробогатов СМ. Принцип информационной энтропии в механике разрушения инженерных сооружений. Элементы теории техногенных и природных катастроф // Бетон на рубеже третьего тысячелетия: Первая Всероссийская конференция по проблемам бетона и железобетона / Секционные доклады. Книга 2. - М.: Ассоциация «Железобетон», 2001.- С. 827-835.

15. Скоробогатов СМ. О проекте дополнения к СНиП 2.03.01 - 84 Бетонные и железобетонные конструкции // Известия Вузов. Строительство. - 1998. - № 3.- С. 52 - 56.*

Пасынков Б.П.

БЫСТРОВОЗВОДИМЫЙ КОНКОРС ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ВОКЗАЛА С АНТИРЕЗОНАНСНЫМИ СВОЙСТВАМИ



Борис Петрович Пасынков,
профессор кафедры строительных конструкций и строительного производства, к.т.н., УрГУПС

Для обеспечения более высокой конкурентоспособности железнодорожного транспорта с другими видами транспорта необходимо все более полно удовлетворять потребности пассажиров и постоянно повышать комфортабельность их обслуживания, особенно на вокзалах железнодорожных станций.

Для того чтобы планомерно решать эти задачи, требуется своевременно расширять существующие железнодорожные вокзалы, строить дополнительные здания и сооружения для пассажиров и обслуживающего персонала. Однако, как правило, в больших и средних транспортных узлах наземные постройки привокзальных территорий уже сформированы, и размещать новые постройки для расширения вокзалов на прилегающих площадях не представляется возможным. В этом случае требуется либо снос существующих невокзальных сооружений для расширения вокзала, либо размещение дополнительных вокзальных помещений - конкорсов непосредственно над железнодорожными путями и в пределах перрона.

В конкорсе, расположенном над железнодорожными путями (за пределами габаритной высоты и контактной сети) размещаются залы ожидания и проходы для пассажиров поперек железнодорожных путей с выходами на платформы. Поперечное по отношению к перрону расположение помещений и залов ожидания облегчает связь пассажиров с платформами по кратчайшему пути. Однако здесь возникает необходимость вынужденных подъемов и спусков, высота которых 7 - 7,5 метров.

Для подъема и спуска пассажиров и багажа целесообразно использовать наземные эскалаторы, пропускная способность которых может быть до 8 - 11 тыс. пассажиров в час. По требуемой пропускной способности подбираются эскалаторы соответствующих размеров и предусматриваются в соответствии с техническим паспортом размеры требуемого сооружения - наклонных эскалаторных галерей, примыкающих к галерейным конкорсам.

Галерейный конкорс в сочетании с эскалаторной системой подъема - спуска пассажиров и груза - багажа непосредственно на обслуживающие платформы позволяет реально повысить комфортабельность обслуживания и более полно удовлетворить потребности пассажиров.

Цель нашей работы - обеспечить развитие и реконструкцию железнодорожных вокзалов для увеличения их пропускной способности и повышения комфортности обслуживания пассажиров, используя современные быстровозводимые легкие конструкции и рациональные объемно-планировочные решения с учетом конкретной ситуации.

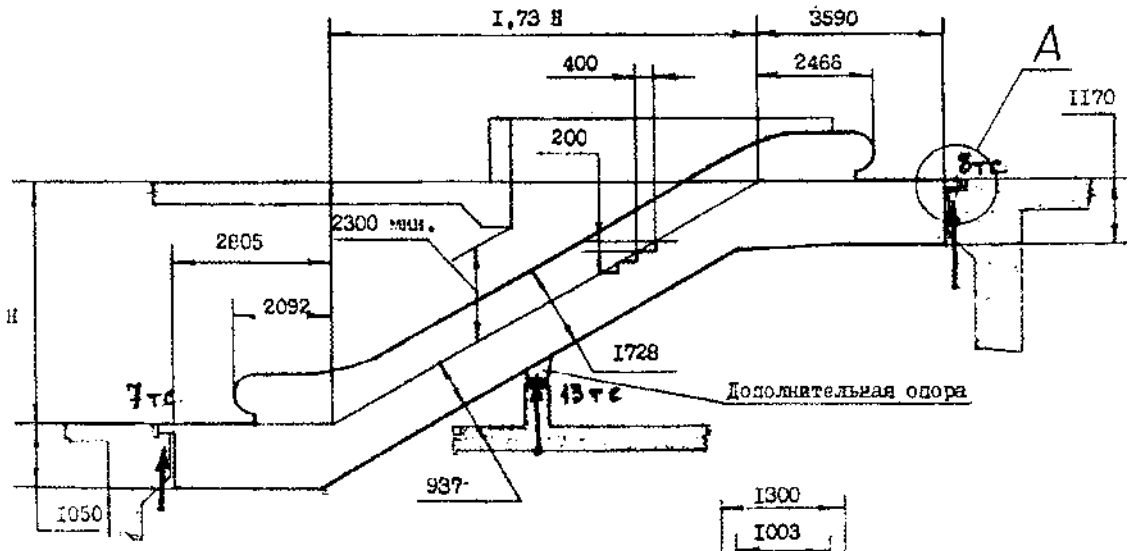
В этой связи следует сказать, что расширение площадей и объема Екатеринбургского вокзала за счет нового пристроя не решило главной задачи: не удовлетворены насущные потребности пассажиров по доставке их и багажа на посадочные платформы. Сейчас, как и прежде, им приходится пешим ходом подниматься из тоннеля с багажом по крутым лестницам на посадочные платформы. Устройство галерейного конкорса с эскалаторной системой подъема - спуска пассажиров может решить эту проблему.

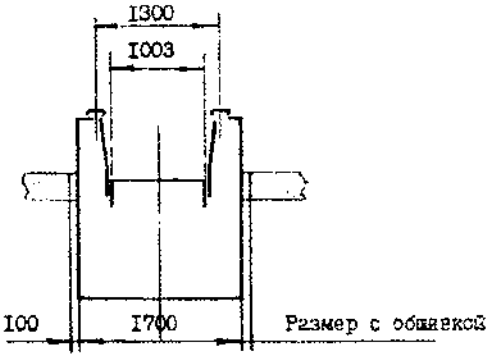
В соответствии с рабочей программой к настоящему времени принципиально определена и обоснована эскалаторная система подъема - спуска пассажиров на рабочие платформы при помощи эскалаторов типа ЭПТ-7, выпускаемых Санкт-Петербургским эскалаторным заводом (рисунок 1). В первом приближении разработаны объемно-планиро-

ЭСКАЛАТОР ПОЗТАЖНЫЙ ТЯЖЕЛОГО ТИПА
ESCALATOR INTERFLOOR HEAVY TYPE ЭПТ-7

Скорость – 0,5 м/сек и 0,65 м/сек.
Угол наклона – 30
Высота подъема H мин – 4 м.
H макс – 7 м.

ОБЩЕСТВЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫЕ УЗЛЫ

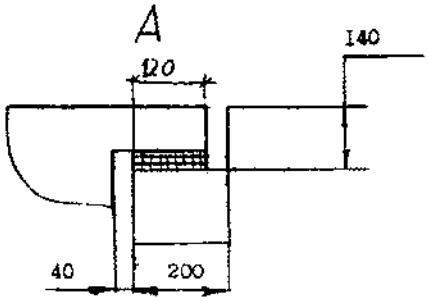




● Эскалатор соответствует Европейскому стандарту EN-115.
● Мощность главного электродвигателя

	Скорость 0,5м/с	0,65м/с
H= 4...5 м.	I0 кВт	I3 кВт
H= 5,I...7 м.	I3 кВт	I7 кВт

● По особому заказу минимальная высота может быть от 3 м.
● При установке на открытом воздухе – дополнение ОП-7П. Диапазон температур от -20 С до +30 С.



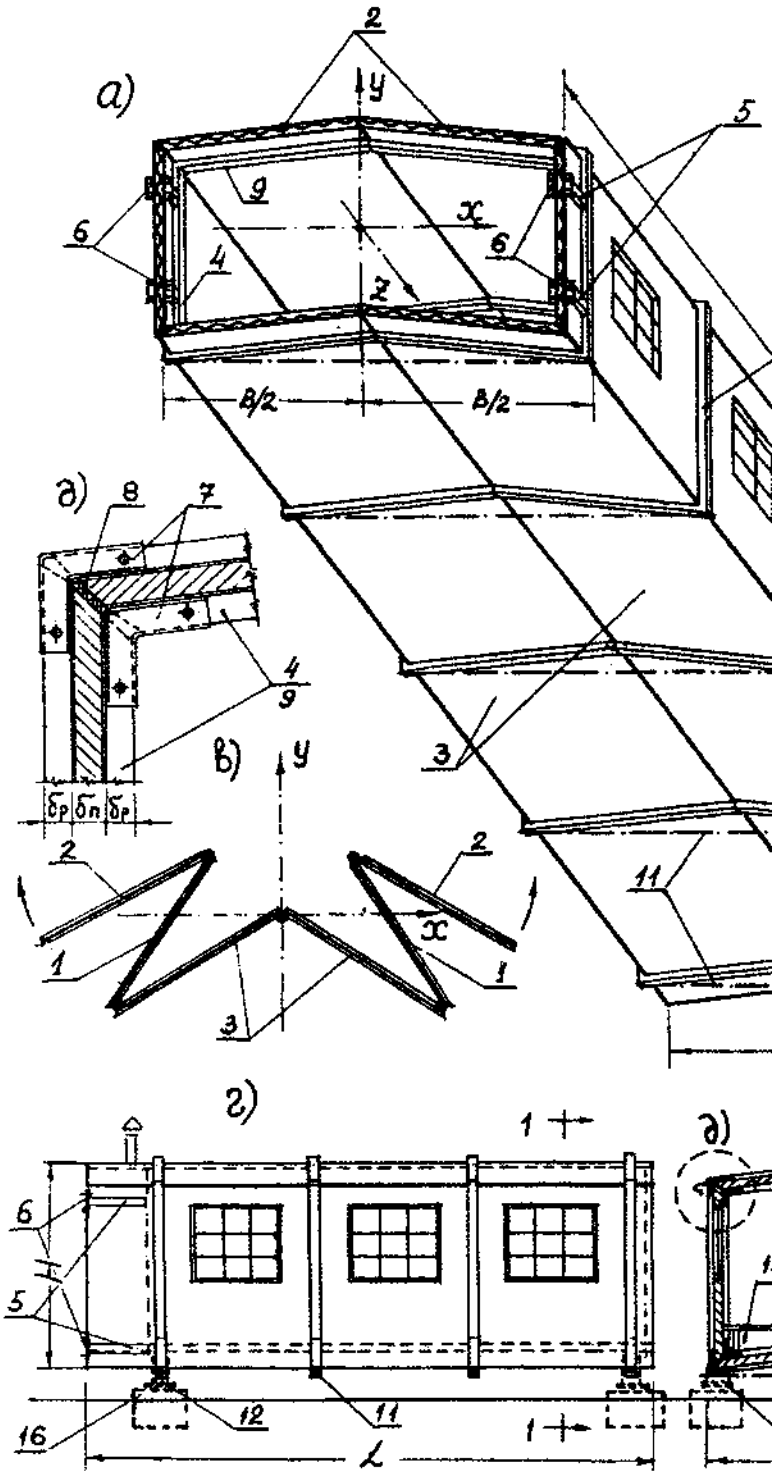


Рисунок 2 – Универсальный блок сооружения (Патент РФ № 964082, 19

а - блок секция;

б - секция, сложенная в пакет;

в - секция в процессе развертывания из пакета;

г - блок в качестве здания контейнерного типа;

д - рядовой узел соединения панелей.

вочные решения наклонных галерей для размещения этих эскалаторов.

С учетом специфических требований [1,2], предъявляемых к конструкциям и объемно-планировочным решениям галерей - конкорсов и эскалаторных галерей, определена конструктивная система, которая наиболее полно удовлетворяет особенности строительства на действующих железнодорожных станциях и условия эксплуатации сооружений. Для галереи - конкорса и наклонных эскалаторных галерей целесообразно использовать панельно-рамную конструктивную систему «Уралец», которая разрабатывается автором [3] на кафедре строительных конструкций и строительного производства УрГУПС. Эта конструктивная система способна обеспечить быстрое возведение комплекса, используя «окна» при движении поездов.

Панельно-рамная конструктивная система «Уралец» разрабатывается на базе новых технических решений и принципов, подтвержденных авторскими свидетельствами [4] и патентами [5]. Новые технические решения направлены на то, чтобы добиться внедрения в строительство ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих повышение комфортности и надежности сооружений в процессе их возведения и эксплуатации.

Базовой конструкцией системы является пространственный блок замкнуто-складчатой формы сечения с предварительно напряженным поперечником, собираемый из панелей ребристо-вафельной конструкции при помощи сдвигоустойчивых узловых накладок (рисунок 2).

Панели выполняются в виде плит с присоединенными по их плоскостям ребрами, которые после сборки и соединения панелей в пространственный блок, превращаются в несущие элементы встроенного каркаса, работающими совместно с ограждающими элементами панелей (рисунок 3).

Силовые и монтажные соединения панелей осуществляются через уплотнительные прокладки при помощи жестких сдвигоустойчивых накладок или фланцев посредством скрепления выступающих

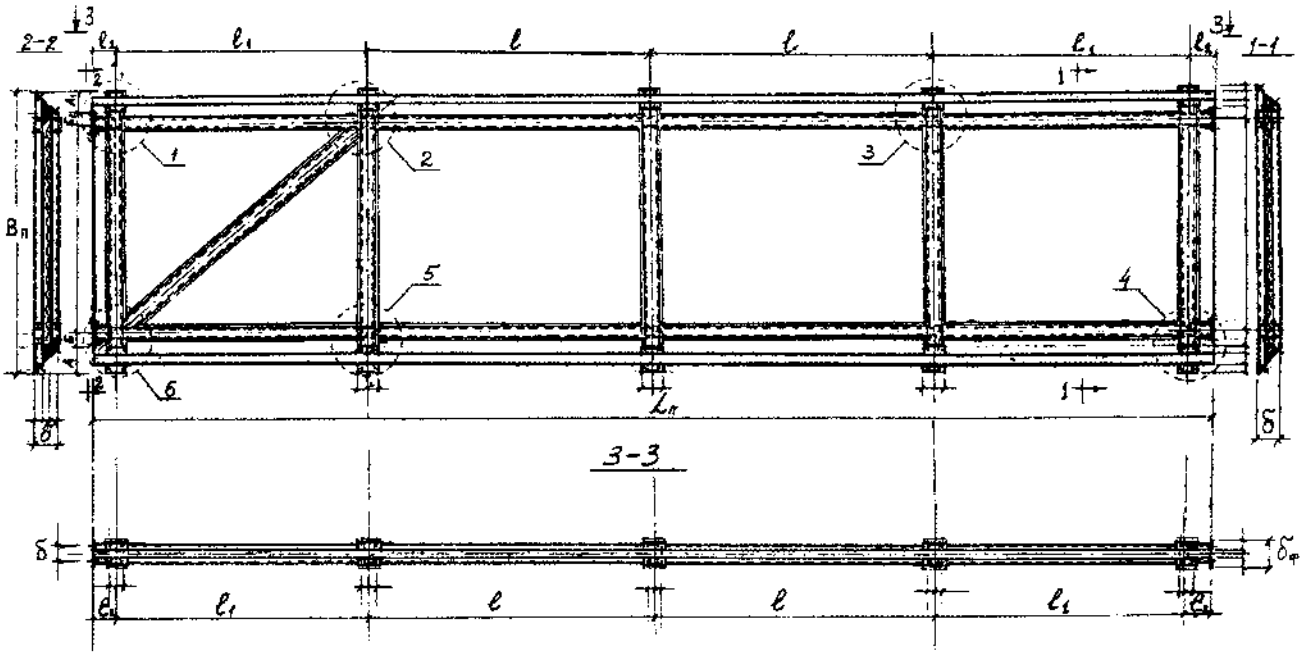


Рисунок 3 – Крупноразмерная панель ребристо-вафельной конструкции с фланцевым соединением (АС № 1652487А1, 1991 г.)

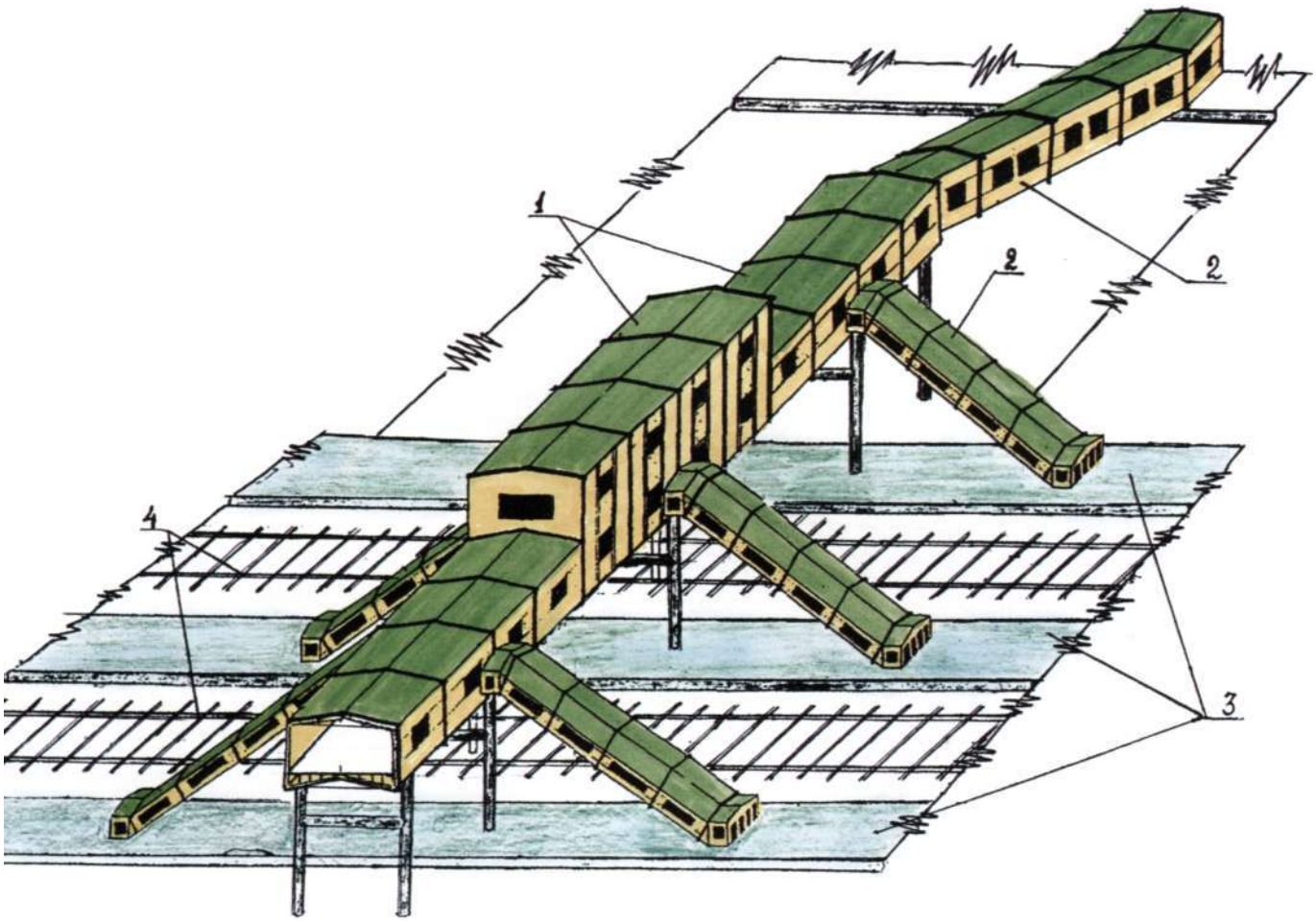


Рисунок 4 – Фрагмент объемно-планировочного решения конкорса с эскалаторным подъемом-спуском пассажиров на железнодорожные платформы:
1 – галерейный конкорс над ж.д. путями;
2 – эскалаторные галереи;
3 – пассажирские платформы;
4 – железнодорожные пути.

внешних ребер панелей. Узловые накладки выполняются из элементов корытного профиля, внутренние размеры которого соответствуют внешним размерам поперечного сечения выступающей части ребер панелей (см. рис.2д).

Преднапряжение поперечного сечения блока осуществляется при помощи высокопрочных затяжек, расположенных в уровне покрытия и перекрытия. Внутренние жесткие стены и перегородки устанавливаются в распор с ограждающими конструкциями пролетного строения галереи, которые после обжатия блока напрягающими затяжками способны работать как единая пространственная подкрепленная система.

Конструктивная система особенно эффективна при формировании сооружений - пролетных строений галерей, опирающихся на наземные и винтовые опоры. В зависимости от количества путей и шири-

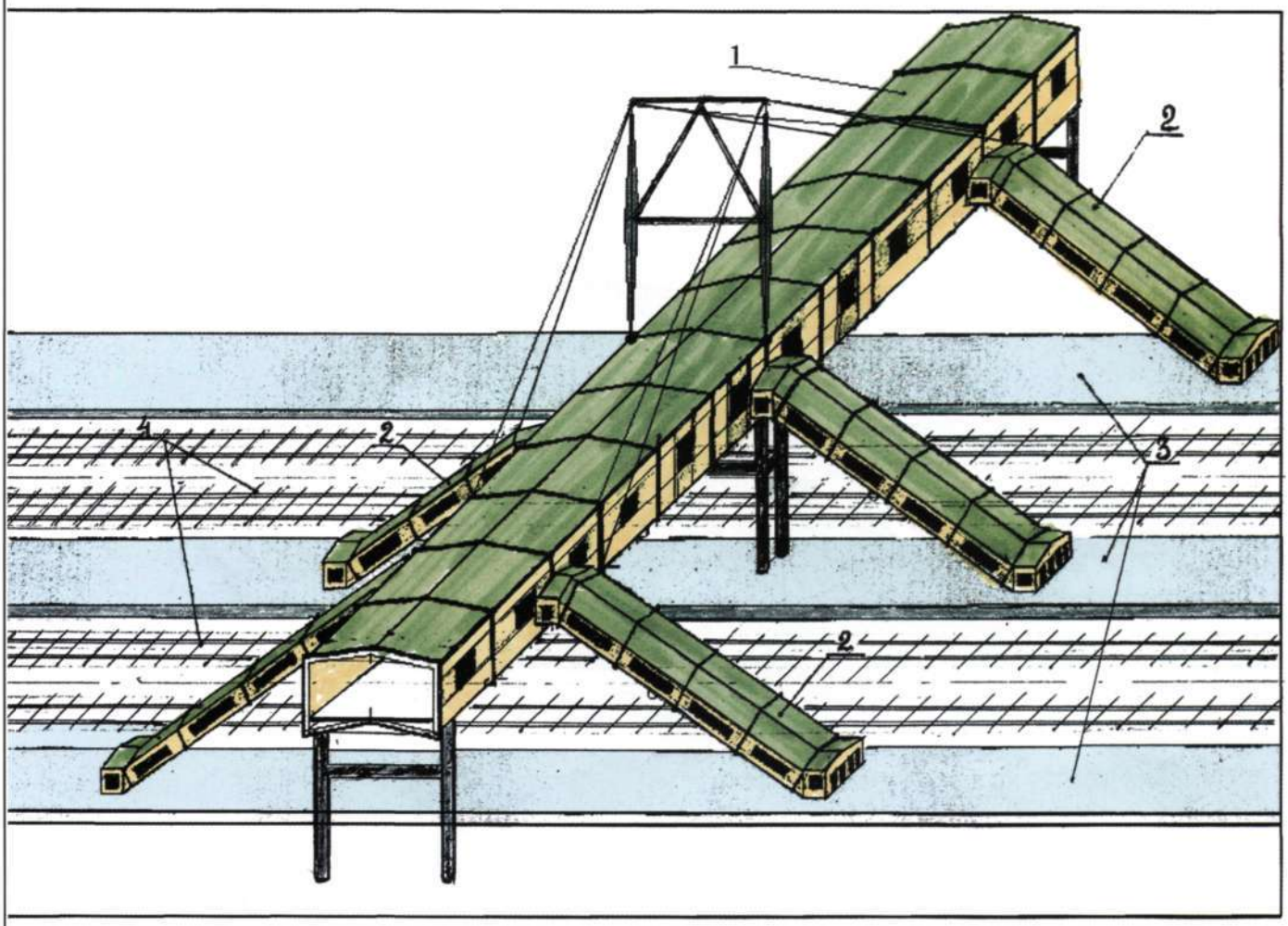


Рисунок 5 – Фрагмент объемно-планировочного решения конкорса с эскалаторным подъемом-спуском пассажиров на железнодорожные платформы:
1 – галерейный конкорс над ж.д. путями;
2 – эскалаторные галереи;
3 – пассажирские платформы;
4 – железнодорожные пути.

ны платформ, перекрываемых конкорсом, он может быть решен в стоечно-опорном (рисунок 4) или вантово-опорном (рисунок 5) вариантах. При этом вантово-опорный вариант позволяет устанавливать минимальное количество стоячных опор (не более трех), несущественно стесняя проходы по ширине платформы.

Сооружения такого типа вследствие предварительного напряжения обладают антирезонансными свойствами и повышенной сейсмостойкостью [6].

В результате антирезонансных свойств конструкций пролетных строений конкорса при неизбежных динамических возмущениях от проходящих поездов они не настраиваются на колебательный резонанс. Это обеспечивает комфортность пребывания пассажиров в залах и проходах конкорса. Кроме того, непосредственно

сами конструкции, коммуникации и все оборудование конкорса будут эксплуатироваться в наиболее благоприятных от динамических воздействий условиях, что повысит их долговечность и надежность в эксплуатации.

Новая конструктивная система обладает повышенной заводской готовностью конструкций, быстровозводимостью, пониженными ресурсозатратами и в сочетании с антирезонансными свойствами является весьма конкурентоспособной на мировом уровне. Она позволяет выполнять объекты разной этажности, разной степени мобильности, комфортабельности, используя при этом однотипные элементы: панели, узловые накладки, прокладки, затяжки, сделанные и упакованные в заводских условиях.

Было бы весьма целесообразно построить специальный завод по производству комплектов названных элементов, так как проблема совершенствования обслуживания и повышения комфортности пассажиров не может быть второстепенной на многие годы.

Технико-экономические преимущества новой системы перед аналогами: снижение удельной материалоемкости на 30% - 65% , трудоемкости - в 1,5 - 2 раза, приведенных денежных затрат - в 1,8 - 2,3 раза, эксплуатационных расходов на 25 - 50%, соотнесенных к 1 $м^3$ внутреннего объема сооружения.

Таким образом, традиционно громоздкие сооружения зданий вокзалов с массивными конструкциями здесь уступают место легким, лаконичным по форме галереям с вытянутым залом, который одновременно является проходом на платформы, с легкими панельными ограждениями на ажурных опорах (см. рис. 4,5).

Внутреннее пространство конкорса формируется в виде павильона с легкими трансформирующимися ограждениями, которые могут открыто разделять зал на функциональные зоны.

Монтаж пространственных секций конкорса и эскалаторных галерей, собранных из крупноразмерных панелей на площадке укрупнительной сборки, может быть выполнен железнодорожным краном с железнодорожных путей или грузовым вертолетом [7].

При монтаже вертолетом необходимо строго определить монтажный вес секции, соответствующий монтажной грузоподъемности вертолета.

Монтируемые секции пролетного строения устанавливаются непосредственно на заранее возведенные стационарные опоры или с использованием временных (инвентарных) промежуточных опор, которые после соединения промежуточных секций между собой, демонтируются.

Входные и выходные эскалаторные подъемники на конкорс могут быть расположены в существующем здании вокзала или в галереях за его пределами. Эскалаторные галереи подъема - спуска пассажиров на платформы к поездам могут быть односторонние, совмещенные на два эскалатора или с двух сторон - на один эскалатор каждая, в зависимости от ширины платформы.

Реализация предлагаемого технического решения на железнодорожных станциях крупных и средних городов поднимет на современный уровень обслуживание пассажиров, а также существенно повысит конкурентоспособность и окупаемость пассажирских перевозок. Для этого необходимо сначала включить тему в план разработки НИОКР, а затем организовать выпуск продукции - строительных конструкций, узлов и деталей в виде полного комплекта, из которого можно собирать и производить монтаж пролетных строений крупными блоками при минимальных затратах времени выделяемых «окон».

Литература

1. СНиП-85-80. Нормы проектирования. - М.: Стройиздат, 1980.
2. Пособие по проектированию вокзалов.

Гейзер А.И.

ТРАМВАЙНЫЕ ВАГОНЫ МОДЕЛЕЙ 71-402 И 71-403 С АСИНХРОННЫМ ПРИВОДОМ ПРОИЗВОДСТВА ФГУП «УРАЛТРАНСМАШ»



Генеральный конструктор трамвая Александр Иванович Гейзер, *ЦКБ ФГУП «Уралтрансмаш».*

Федеральное государственное унитарное предприятие «Уральский завод транспортного машиностроения» — одно из старейших предприятий Урала. 8 сентября 2005 года ему исполнится 188 лет.

До начала перестройки предприятие полностью работало на выполнение государственного оборонного заказа. Сокращение оборонзаказа, первые шаги по пути конверсии заставили администрацию Уралтрансмаша искать и осваивать новые виды продукции. Так начался выпуск станков-качалок для нефтяной промышленности, лифтовых лебедок для пассажирских и грузовых лифтов и другой гражданской продукции. Поиск продукции, которая на долгие годы определила бы портфель заказов, вывел завод на производство трамваев.

Создание нового трамвая своими силами, по мнению специалистов в области трамваестроения, казалось не более чем утопией: экономические условия в стране в начальный период перестройки мало этому способствовали.

Разработчик программы «Совместное производство Екатеринбургских трамваев» (сокращенно — СПЕКТР) - Екатеринбургское трамвайно-троллейбусное управление - формировал задачу просто: раз нет источника пополнения чешских трамваев, необходимо их делать самим.

Поскольку инициатива исходила от екатеринбургских трамвайщиков, роль идеологического и организующего центра программы взяло на себя руководство ТТУ. Именно ему пришлось не только разрабатывать, но и раскручивать механизм ее реализации - мобилизовать необходимые интеллектуальные и финансовые ресурсы, убедить в целесообразности и необходимости задуманного и федеральные, и местные властные структуры, организовать сложный процесс создания новой оригинальной модели трамвайного вагона.

Успех этой программы во многом определила поддержка руководства города и области. При активном участии губернатора Э. Э. Росселя производство трамвая приобрело статус федеральной программы. 24 января 1995 года Правительство РФ приняло решение о развитии городского электротранспорта.

Руководство ТТУ Екатеринбурга обратилось к ряду крупных заводов с предложением участвовать в этой программе: Уралтрансмашу, ОАО «УПП «Вектор», ЗАО «Автоматизированные системы и комплексы» (ЗАО «АСК»), ОАО «Баранчинский электромеханический завод» и другие.

Наше предприятие, изучив потребности рынка России и СНГ в трамвайных вагонах, дало согласие.

С разработкой и производством рельсового электротранспорта Уралтрансмаш и его центральное конструкторское бюро столкнулись впервые, но профессионализм конструкторов позволил в короткий срок создать конструкцию, организовать опытное производство и изготовить первые опытные образцы вагонов модели 71-402 под названием СПЕКТР. Опытные образцы успешно прошли все необходимые испытания.

На Уралтрансмаше была проведена поистине огромная работа. Параллельно изготовлению опытных образцов был реконструирован один из лучших механосборочных цехов, изготовлены и установлены специализированные стенды для сборки трамваев. Было приобретено новое технологическое оборудование, позволяющее выполнить любые детали из листового проката с гарантией высокого качества и точности, активно велась подготовка серийного производства.

С самого начала концепция СПЕКТРА предполагала создание современного вагона с надежным, экономичным, не требующим повседневного ухода электрооборудованием, с применением самой передовой электронной и микропроцессорной технологии управления и диагностики.

По техническому заданию и на средства Уралтрансмаша схему нового тягового частотно-регулируемого преобразователя разработало ЗАО «АСК», а конструктивное исполнение в металле вместе с обслуживающими системами выполнило ОАО «УПП Вектор».

Таким образом, впервые в России и СНГ на Уралтрансмаше в соответствии с программой конверсии

оборонного производства разработана конструкция, технология и освоено промышленное серийное производство высокоэкономичных комфортабельных вагонов с асинхронным тяговым частотно-регулируемым приводом и компьютерным управлением всеми системами вагона.

Вагоны 71-402 начали серийно выпускаться с 2001 года.

В процессе эксплуатации выявилась необходимость модернизации трамвая 71-402, в результате чего с 2004 года появилась новая серийная модель 71-403, в которой были учтены все узкие места предыдущей модели.

Одновременно трамвай 71-402 был подвергнут модернизации, и сейчас обе модели по существу отличаются только формой кабины. Кабина трамвая модели 71-403 из стеклопластика, округлой формы с вклеенными в проем сферическими стеклами типа «Триплекс». Кабина трамвая модели 71-402 осталась металлической, прямоугольной, с большим количеством форточек - в общем, кому какая больше нравится.

Трамвайные вагоны моделей 71-402 и 71-403 находятся в эксплуатации в 8 городах России - Москве, Екатеринбурге, Самаре, Уфе, Ижевске, Казани, Нижнем Тагиле, Краснотурьинске, в столице Узбекистана - г. Ташкенте.

Трамвайные вагоны четырехосные, предназначены для перевозки пассажиров на городских линиях с колеей 1524 мм.

Питание электрических цепей вагонов осуществляется от контактной сети с номинальным напряжением 550 В. Вагон сохраняет работоспособность при напряжении контактной сети от 280 В до 820 В. Предназначен для эксплуатации при температуре окружающей среды от - 40° С до +40° С.

Кузов вагона цельнометаллический, каркасной конструкции, состоит из правой и левой боковин, кабины и кормовой части, крыши и рамы с вваренными в нее двумя балками со шкворнями для установки кузова на тележки.

Кузов сварен из швеллеров и замкнутых профилей. Обшивка каркаса выполнена из рулонированного стального листа толщиной 2 мм. Натяг листов осуществляется с помощью термонатяга.

Пол по всей длине вагона ровный, без всяких люков, монтаж электрооборудования осуществляется под вагоном в специальных герметичных кабельных каналах. Там же, а также частично на крыше, находится, в основном, электрическое оборудование вагона.

Пассажирский салон рассчитан на 33 места для сидения и 136 мест для стояния при загрузке 8 человек/м^2. Наполняемость 169 человек.

Салон оборудован полумягкими сиденьями собственного производства для пассажиров и сиденьем для кондуктора с дополнительным подогревом. По желанию покупателя можно установить жесткие сиденья уфимского производства.

Планировка расположения сидений трехрядная: с правой стороны сиденья одиночные, с левой - двойные.

Салон имеет три двери для пассажиров. Передняя дверь одностворчатая, средняя и задняя - двустворчатые. В зонах средней и задней двери имеются просторные площадки, обеспечивающие возможность удобного входа и выхода пассажиров, размещения детских колясок, инвалидных колясок, негабаритных грузов.

Салон оснащен автоматическим речевым информатором пассажиров с записью до 100 остановок. Для оповещения пассажиров, находящихся на посадочной площадке, предусмотрен наружный громкоговоритель.

Основное освещение салона - люминесцентное, в два ряда вдоль всего салона (изготовитель - Финляндия).

Отопление вагона - нагревательные элементы типа «ТЭН» производства г. Каменск-Уральский, расположены вдоль обоих бортов в нижней части. ТЭНы прикрыты кожухами. Вентиляция естественная, через форточки и три люка в крыше.

В кормовой части имеется отсек, закрываемый крышкой с замком, в котором находится панель с кнопками управления вагоном при движении задним ходом.

Рабочее место водителя (кабина) отделено от пассажирского салона перегородкой со сдвижной дверью, закрываемой на замок. Для выхода водителя из вагона предусмотрена отдельная дверь, запираемая изнутри и снаружи.

Кабина оснащена удобным мягким поворотным креслом водителя: высота сиденья, его положение, наклон спинки регулируемые. В кабине водителя расположен удобный пульт управления и служебная панель, а также бортовой компьютер с вынесенным на пульт информационным дисплеем, которые обеспечивают:

- управление движением;
- контроль параметров контактной сети и защитные функции;
- диагностику состояния вагона;
- отбор и отображение информации о движении;
- управление вспомогательным оборудованием;
- постоянный автоматический учет пробега и расхода электроэнергии;
- выбор и поддержание оптимальных режимов разгона и торможения.

Режимы тяги, выбега, торможения задаются с двухпедального командоаппарата бесконтактного типа, выполненного на базе магнитоуправляемых микросхем.

В кабине предусмотрено место для сидения наставника.

Для отопления и вентиляции кабины предусмотрен двухрежимный электрокалорифер с вентилятором.

Проветривание кабины дополнительно осуществляется через сдвижные форточки в боковых окнах.

Электропривод двери

Электропривод двери предназначен для открывания и закрывания створок двери и состоит из мотор-редуктора МР-9, блока управления БУД-4С-2А, датчика конечного положения ДКП-6. Мотор-редуктор включает в себя цилиндрический шестеренчатый редуктор в литом алюминиевом корпусе и установленный на первичном валу бесколлекторный шаговый моментный двигатель. Управление осуществляется от блока с полупроводниковым преобразователем и программируемой микропроцессорной системой управления (изготовитель - г. Златоуст).

Система управления приводом обеспечивает плавное открывание и закрывание створок двери, плавное торможение и безударную остановку створок двери, ограничение усилия давления на предмет, мешающий закрыванию, увеличение крутящего момента двигателя на открывание или закрывание двери по отдельной команде водителя «Увеличить усилие».

Токоприемник

Токоприемник - пантографного типа, двухполозный. Возможно применение пантографа с чешского вагона ТЗМ.

Тележка

Тележка трамвая - мостового типа. Она состоит из двух колесных пар, продольных и поперечных балок.

Колесная пара состоит из редуктора и напрессованных на оси редуктора колес с внутренней амортизацией.

Редукторы тележки двухступенчатые цилиндроконические с передаточным числом 7,36.

На тележку навешены на поперечных балках два электродвигателя. Для приведения в действие дисковых тормозов, установленных на валу электродвигателя, применяются ПЭМТы (привод электромеханических тормозов). Рельсовые тормоза крепятся под продольной балкой между передними и задними колесами.

Электродвигатели и редукторы соединены карданами. В центральной части тележки размещена на пружинах подрессоривания люлька со шкворневым отверстием, куда устанавливается вагон. Тележка оснащена гидрогасителями для гашения колебаний.

По своим геометрическим параметрам и конструкции ходовые тележки близки к тележкам чешских вагонов ТЗМ. Это создает наилучшие условия для обслуживания и ремонта их транспортными предприятиями, эксплуатирующими трамваи ТЗ и ТЗМ.

Тяговый привод АТЧЭП

Тяговый привод, разработанный ЗАО «АСК», предназначен для питания асинхронных тяговых двигателей вагона и состоит из 4 асинхронных двигателей и 2 идентичных преобразователей частоты АТЧЭП.

Тяговый двигатель - асинхронный с короткозамкнутым ротором производства ОАО «Баранчинский электромеханический завод».

Номинальная мощность - 54 кВт,

Максимальная - 85 кВт.

Структурная схема преобразователя приведена на рисунке 1.

В качестве силовых элементов, из которых собран инвертор напряжения и буферный конвертор, использованы силовые модули SKiiP фирмы Semikron.

Каждый модуль состоит из силовых транзисторов типа JGBT с обратными диодами и управляющего драйвера со встроенными датчиками тока, температуры и набором автоматических защит.

Для охлаждения силовых элементов двигателя используется вентилятор с двигателем переменного тока, питаемый от собственного инвертора напряжения, аналогичного силовому, также построенного на JGBT-транзисторах. Вентилятор включается автоматически при повышении температуры силовых транзисторов. Скорость его вращения плавно нарастает от нуля до номинального значения в зависимости от текущей температуры транзисторов.

Система управления преобразователя построена на специализированном контроллере АСК196, в основе которого лежит процессор Intel 80X196XX. Управление вентилятором осуществляется от собственного контроллера также АСК196.

Преимущества данного преобразователя частоты:

1. Обеспечение возможности использования для тягового привода асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором, которые, будучи дешевле традиционных коллекторных двигателей постоянного тока, имеют более высокие характеристики по технологичности, надежности, электро- и пожаробезопасности, КПД и, в отличие от коллекторных электродвигателей, не требуют технического обслуживания.

2. Оптимальное, способствующее снижению энергопотребления, управление электроприводом. При движении со скоростью от нулевой до номинальной электропривод поддерживает заданный момент, а выше номинальной скорости - заданную мощность.

3. Коэффициент полезного действия не менее 97%.

4. Обеспечение требуемых динамических характеристик трамвайного вагона при сохранении плавности разгона и торможения.

5. Рекуперация энергии при торможении, при наличии других потребителей в контактой сети. При отсутствии потребителей энергия рассеивается на тормозных резисторах. В любом случае не допускается превышение напряжения сети выше определенного предела. Специально контролируется обрыв тормозного резистора. Переход от рекуперативного торможения к реостатному происходит автоматически, при этом возможна работа с частичной рекуперацией, т.е. одновременная отдача энергии в сеть и рассеивание ее на тормозных резисторах.

6. Обеспечивается экономическая стоянка.

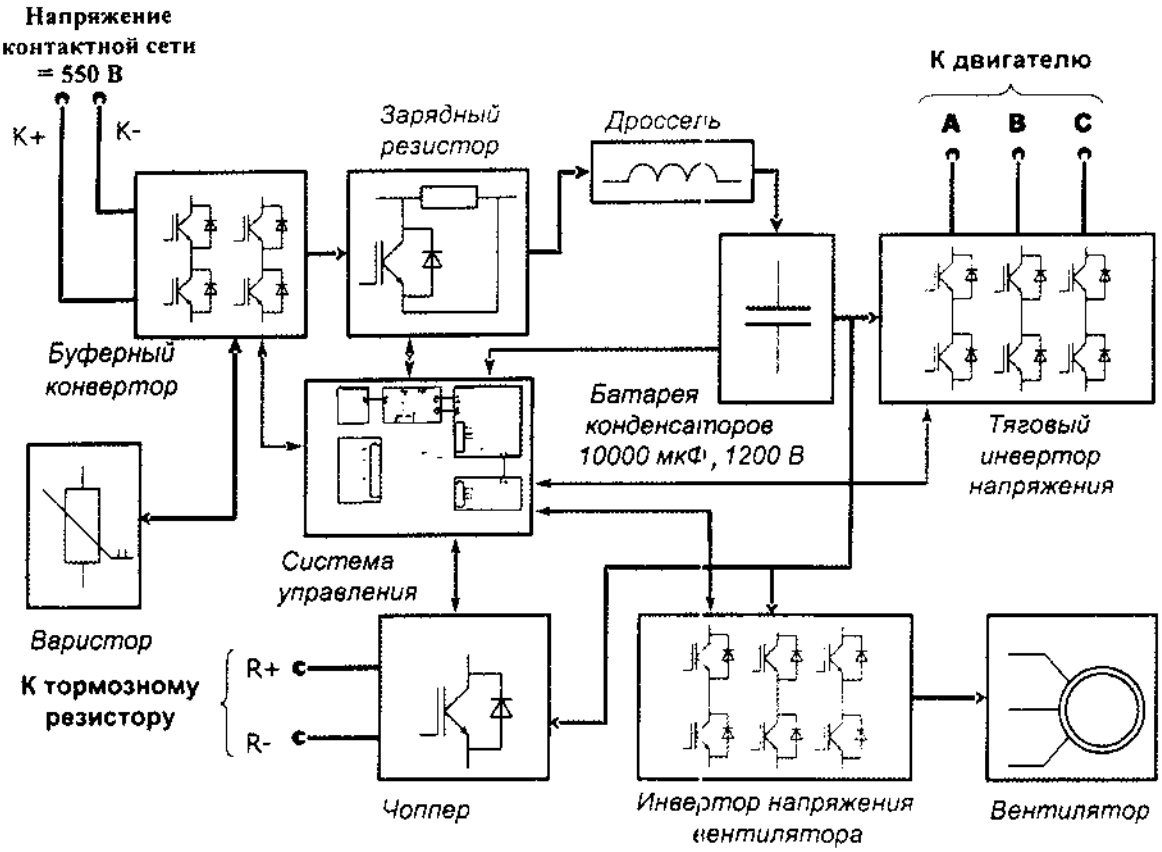


Рисунок 1 – Структурная схема преобразователя частоты

7. Выполняются функции электронных счетчиков электроэнергии, пройденного пути и времени работы с сохранением накопленных величин в энергонезависимой памяти.

8. Предусмотрено автоматическое определение времени разгона до фиксированных скоростей и вычисление средних ускорений в этих промежутках, а также определение тормозного пути с фиксированных скоростей до нуля. Такой режим предназначен для определения обслуживающим персоналом технического состояния тягового привода трамвая в целом.

9. Бесшумность работы.

10. Работоспособность в широком диапазоне изменений напряжения контактной сети (-50…+50%) и температуры окружающей среды (-45°…+40°С).

11. Обеспечение динамического торможения при обрыве или коротком замыкании контактной сети.

12. Тормозное усилие развивается вплоть до нулевой скорости.

13. Осуществляется автоматическая защита от «юза» (при торможении) и от пробуксовки (при разгоне).

14. Электропривод не оказывает влияния на контактную сеть и другие потребители при любых режимах (при нормальной работе, включениях, отключениях, авариях).

15. Высокая надежность за счет применения электронных элементов вместо релейно-контакторных.

16. Развитая система защит и диагностики неисправностей. Электропривод имеет порядка 40 быстродействующих защит от сбоев и ненормальных режимов работы, которые разделены на 4 типа:

- защиты, отключающие все: тяговый двигатель, вентилятор и размыкающие силовые цепи, питающие преобразователь;

- защиты, которые отключают только тяговый двигатель;

- защиты, которые отключают только вентилятор;

- защиты, которые только запрещают разгон.

При этом время реакции системы управления для некоторых неисправностей составляет всего несколько десятков наносекунд, а в случае аварии отключение линейных выключателей производится без тока.

17. Для оптимального охлаждения силовых транзисторов их температуры контролируются процессором в реальном времени. Кроме этого, для усиления контроля возможного перегрева наиболее дорогих элементов преобразователя IGBT-транзисторов и диодов, на основе тепловой модели перехода радиатор-кристалл вычисляется текущая температура кристалла для каждого транзистора и диода. Полученные значения используются для ограничения тока через эти элементы.

18. Микропроцессорное управление обеспечивает вы-

сокую гибкость при перенастройке привода для получения требуемых характеристик.

***Система комплексной автоматизации трамвая «СКАТ»** является уже вторым шагом на пути создания интеллектуальной системы управления подвижным составом городского электротранспорта. Она пришла на смену устройству автоматического управления и диагностики «УАУД», применявшемуся на первых образцах трамвайных вагонов модели 71-402.*

В качестве элементной базы для построения контроллера «СКАТ» выбран контроллер микроРС как наиболее удачный компромисс между качеством, функциональными возможностями, доступностью, уровнем сервисного обслуживания и технической поддержки, «богатыми» техническими характеристиками при обеспечении высочайшей надежности с одной стороны и ценой с другой стороны. Концепция и архитектура данного контроллера разработаны американской фирмой Octagon Systems и широко используются в качестве одного из наиболее распространенных решений в мире промышленной автоматизации, в том числе и на транспорте. А высочайшая надежность такого контроллера подтверждена многолетней эксплуатацией в самых тяжелых условиях, в том числе и на морском транспорте и космических аппаратах.

Перечень основных достоинств контроллеров микроРС включает в себя:

- расширенный диапазон рабочих температур от -45˚до + 85˚С,

- малые габаритные размеры,

- множество вариантов монтажа,

- малое энергопотребление,

- гарантированная устойчивость к воздействию вибрации и одиночных ударов, высокая надежность (среднее время наработки на отказ более 10 лет),

-простота эксплуатации (IBM совместимость и наличие встроенной операционной системы ROM- DOS, совместимой с MS-DOS),

- широкие функциональные возможности благодаря мощности, высокому быстродействию и большому объему памяти центрального процессора,

- всеобъемлющая техническая поддержка.

Достигнутые результаты:

1. Благодаря меньшим размерам контроллер «СКАТ» размещен в центральном электрическом шкафу в кабине водителя, что позволило оптимизировать его электрические связи с датчиками и исполнительными устройствами. Это в свою очередь сократило количество и длину электрических проводов и кабелей, что снизило их общую стоимость, трудоемкость монтажа и повысило надежность электрической схемы в целом.

2. Все входные и выходные сигналы контроллера «СКАТ» коммутируются через модули сопряжения, снабженные индикацией. Это значительно облегчает наладку электрооборудования или поиск неисправностей.

3. Подключение всех внешних проводов к модулям сопряжения выполняется с помощью пружинных зажимов WAG0, которыми снабжены модули. Это обеспечивает большое удобство и, соответственно, ускорение монтажа.

4. Высокая вычислительная мощность и быстродействие контроллера позволили возложить на него самые разнообразные функции, что позволило, с одной стороны, получить расширенные потребительские функции, например, многорежимность стеклоочистителя, автоматический переход на дежурное освещение при пропадании напряжения в контактной сети и т.д.

Основные функции, выполняемые системой «СКАТ», приведены на рисунке 2.

За время эксплуатации трамваев различными ТТУ, начиная с 2001 года, проведены многие конструктивные и технологические усовершенствования, учитываются и по возможности устраняются все замечания, выявленные в узлах трамваев в эксплуатирующих организациях. И вновь выпускаемый трамвай модели 71-403, и модернизированный трамвай 71-402, в которых учтено большинство ниже перечисленных мероприятий, успешно эксплуатируются в Москве, Екатеринбурге, Ташкенте, Ижевске, доказывая, что проведенные усовершенствования, доработки дают положительный эффект.

Проведена модернизация системы электрооборудования, в частности:

- переработаны схема электрическая принципиальная и электромонтаж трамвая с целью повышения



Рисунок 2 – Функциональное назначение «СКАТ»

надежности и технических характеристик вагона;

- для повышения электро- и пожаробезопасности введены быстродействующий автоматический выключатель и блокировка на отключение высокого напряжения при открывании дверок высоковольтных шкафов в кабине;

- заменены датчики тока и напряжения, как следствие, применена упрощенная схема обеспечения их питанием с исключением блока стабилизаторов напряжения (БСН);

- заменены на более надежные усилитель громкоговорящей связи, сигнализаторы поворотов, трехтональные сигнализаторы, блок управления стеклоочистителем;

- изменен электромонтаж тележек и введено подключение низковольтных цепей через штепсельные разъемы;

- введена дифференциальная защита по току;

- введен новый бортовой компьютер с расширенными возможностями и введена светодиодная диагностика всех управляющих и выходных сигналов;

- частично заменена элементная база - в качестве промежуточных реле применены легкосъемные недорогие реле автомобильного типа;

- установлен новый пульт водителя с современным дизайном, изменено расположение приборов на нем, дисплей перенесен в правую часть пульта. Органы управления пульта заменены на кнопки и переключатели, используемые в автомобилестроении;

- введено раздельное включение двух ступеней отопления салона и места кондуктора;

- введены две скорости работы двигателя калорифера кабины и снижен шум при работе калорифера;

- введена кнопка аварийного открывания дверей салона;

- изменена конструкция звонка наружного;

- установлены доработанные педаль безопасности БП-1 и командоаппарат КА-1;

- взамен четырех блоков БП-ЗГ-1 преобразователя питания 24 В установлены 3 блока БП-ЗГ-1-02 с такой же суммарной мощностью;

- усилен подшипниковый щит тягового двигателя АТЧД-225;

введены электронные указатели маршрута;

прорабатывается замена датчика частоты вращения (ДЧВ).

Изменения в конструкции корпуса и салона вагона:

- на 40 мм опущены подножки дверей;

- проведено усиление дверных проемов;

- место кондуктора перенесено от средней двери к правому борту задней двери;

- для более удобного доступа в вагон на дверях перенесены поручни (ближе к краю), у первой двери на перегородке водителя введен дополнительный поручень;

- внизу на дверях установлена новая конструкция щетки;

- с целью повышения пожаростойкости вместо пролина в бортах установлены базальтовые плиты и на пролин крыши перед установкой наносится пожаростойкое покрытие «Агракс».

Технико-экономические преимущества трамваев моделей 71-402 и 71-403 производства ФГУП «Уралтрансмаш» складываются из следующих составляющих:

1. Снижение эксплуатационных расходов за счет снижения трудоемкости обслуживания и расхода запчастей, т.к. в частотных приводах отсутствуют электромеханические коммутационные устройства. Тяговые двигатели, двигатели вентиляторов охлаждения, привода дверей не имеют изнашивающегося коллекторно-щеточного узла, контакторы включения преобразователей включаются и выключаются в бестоковом режиме. Имеется система диагностики, предотвращающая развитие неисправности до аварии, облегчающая поиск неисправностей. Глубокое электродинамическое торможение повышает долговечность механического тормоза. Практически электрическое хозяйство ремонта не требует.

2. Широкое применение недорогих и массово выпускаемых автомобильных электротехнических изделий отечественного производства.

3. Снижение энергопотребления обеспечивается за счет применения экономичных асинхронных двигателей (КПД около 93 %), преобразователей (КПД более 97 %), рекуперации, т.е. возврата электроэнергии в сеть при торможении на любой скорости, превышающей 3 км / час - до 25 %. Удельный расход электроэнергии на тягу составляет 48,4 Вт час / т.км., т.е. почти в 2 раза меньше, чем нормирует ГОСТ (93 Вт час /т.км.).

Средний эксплуатационный расход электроэнергии равен:

— 1,7 кВт час км летом,

— 2,2 кВт час км зимой, т.е. значительно меньше по сравнению с широко распространенным трамваем с традиционной контакторно-резисторной системой управления.

Данные цифры подтверждаются приемочными испытаниями и отчетами об эксплуатации вагонов трамвайных управлений. Перечисленные преимущества существенно повышают эксплуатационные характеристики модернизированных вагонов моделей 71-402 и 71-403, обеспечивают высокий комфорт для пассажиров, водителя и обслуживающего персонала ТТУ, снижают энергопотребление и эксплуатационные расходы.

Конструкторские и технологические службы ФГУП «Уралтрансмаш» продолжают дальнейшее усовершенствование выпускаемых трамваев, работают над новыми моделями трамваев.

Сулейманов Р.Я.

АККУМУЛЯТОРНЫЙ ЭЛЕКТРОВОЗ ДЛЯ МЕТРОПОЛИТЕНА



Рашит Яхьевич Сулейманов,
к.т.н., доцент, ***УрГУПС***

Тяговые двигатели постоянного тока последовательного возбуждения еще не исчерпали своих возможностей. В метрополитене Санкт-Петербурга исправно работает уже 15 лет аккумуляторный электровоз с тиристорно-импульсным регулятором, демонстрируя широкие возможности тягового привода

Для Екатеринбургского метрополитена наступает пора всевозможных ремонтов. Это ремонт и подвижного состава, и тоннельных сооружений. Ремонт последних обычно производится в ночное время, в условиях снятия напряжения с третьего рельса. При этом подвозка материалов, спецтехники возможна только с помощью мотовозов, задымляющих замкнутое пространство тоннелей. При ремонте подвижного состава существует необходимость перестановки вагонов с одного ремонтного участка на другой. Для этих целей Ленинградский метрополитен издавна использует аккумуляторные электровозы.

Электровоз представляет собой отработавший свой основной срок вагон, в салоне которого вместо сидений устанавливаются щелочные аккумуляторы. Управление большинством этих электровозов осуществляется по традиционной схеме стандартного вагона. Такая схема не является достаточно оперативной для маневрового электровоза. Кроме того, аккумуляторы требуют ежедневной подзарядки от специальной установки.

Для улучшения показателей аккумуляторного электровоза была разработана с участием автора тиристорно-импульсная схема управления тяговым приводом. Проектная документация, разработанная конструкторским отделом метрополитена, утверждена МПС. Построенный на этой основе силами метрополитена электровоз полностью удовлетворяет потребностям маневровых работ. Обеспечивается плавное нарастание силы тяги и торможения, оперативность управления. Рекуперативное торможение с отдачей энергии аккумуляторам поддерживает их в постоянном рабочем состоянии.

Правильность предложенных решений и надежность работы оборудования подтверждается безотказной работой электровоза в течение более 15 лет. Новизна решений подтверждена авторскими свидетельствами на изобретения, как по силовой схеме, так и по схеме управления.

Естественно, что за это время элементная база и некоторые технические решения устарели. На сегодняшний день имеются новые решения, развивающие прежние на основе появившейся в последнее время новой элементной базы.

Разными авторами было разработано много схем импульсных преобразователей постоянного напряжения на базе тиристоров. Наряду со многими достоинствами последние имеют такой недостаток, как невозможность восстановления запирающих свойств по сигналу управления. Для запирания тиристоров используются несколько типов коммутирующих контуров, содержащих в обязательном порядке конденсатор и индуктивность. Наличие этих элементов приводит к удвоению напряжения, прикладываемого к некоторым элементам. Кроме того, сами элементы имеют достаточно большие габариты, усложняющие размещение преобразователей на подвижном составе.

Схема преобразователя, установленного на электровозе, приведена на рисунке 1 [1]. Этот преобразователь позволяет регулировать прикладываемое к тяговым двигателям последовательного возбуждения напряжение в широком диапазоне. При этом поддерживается заданное с контроллера значение тока якоря в моторном режиме.

В тормозном режиме осуществляется независимое возбуждение двигателей под контролем системы автоуправления. Поэтому реализуется устойчивое начало торможения на любой скорости. Регулирование заданного значения тока якоря производится независимо от тока возбуждения по условиям движения.

В принципе, тиристорный преобразователь реализует все возможности тягового двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением и, сверх того, осуществляет независимое возбуждение при постоянно последовательном соединении обмоток якоря и возбуждения. Но для этого требуется соответствующая система управления, в то время как на нее разработчики не уделяли должного внимания.

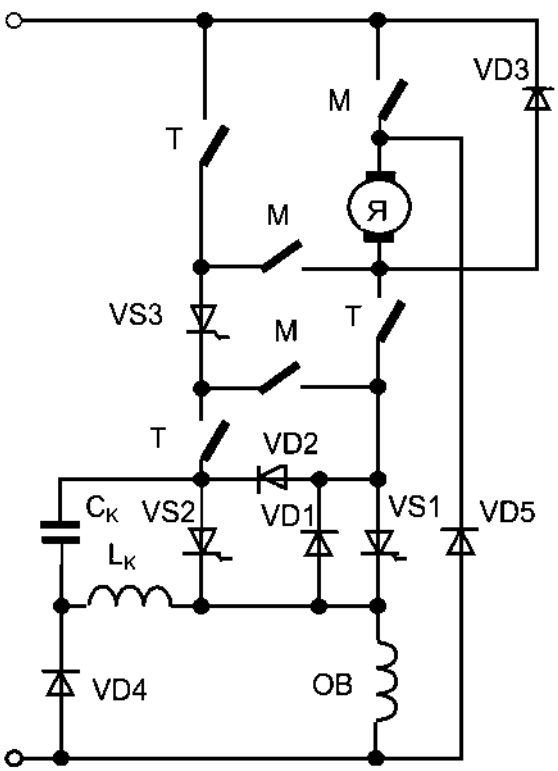


Рисунок 1 - Схема тиристорного преобразователя

Разработанная автором система управления условно разделена на 3 уровня и позволяет связать ее с более высокими уровнями управления, например, с уровнем управления поездами. Первый уровень

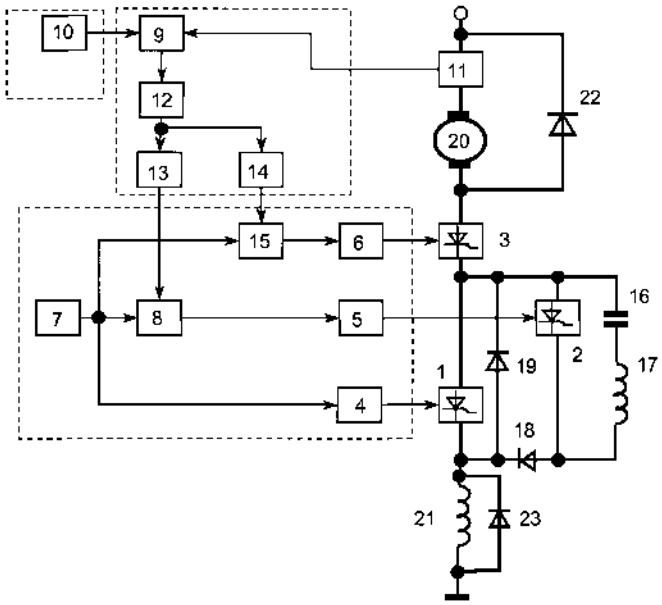


Рисунок 2 - Принципиальная схема управления тяговым приводом

обеспечивает тиристоры импульсами управления с регулируемыми задержками моментов подачи. Второй уровень - система автоуправления. Этотуровень обеспечивает поддержание задаваемых значений токов якоря, возбуждения, тока тормозных реостатов при недостаточном потреблении тока рекуперации, противобоксовочную защиту и др. Третий уровень обеспечивает подачу второму уровню заданий, последовательность переключений силовых контакторов, плавный запуск процесса тяги и торможения и другие оперативные переключения.

Первый уровень имеет элементную базу дискретной логики в интегральном исполнении, второй уровень реализован на операционных усилителях. Третий уровень ввиду невысокой частоты переключений собирается на электромеханических реле.

Схема системы управления тиристорным преобразователем (формирователем импульсов) изображена на рисунке 2 [2]. Импульсы с задающего генератора 7 частотой 400 Гц через первую 8 и вторую 15 линии задержки с соответствующими усилителями 5, 6 проходят к управляющим входам коммутирующего 2 и дополнительного тиристора 3. К главному тиристору 1 импульсы проходят без линии задержки. Перечисленные элементы представляют первый уровень управления самим тиристорным преобразователем. Второй уровень включает в себя ПИ-регулятор 9, элементы с нелинейными характеристиками 13,14.

Процесс регулирования выходного напряжения состоит из двух этапов. На первом этапе силовой и

коммутирующий тиристоры получают импульсы одновременно. Происходит двойной перезаряд коммутирующего конденсатора 16 через коммутирующий дроссель 17 и через тиристор 2, в результате чего конденсатор теряет часть своего первоначального напряжения. В конце периода перезаряда получает импульс управления дополнительный тиристор 3. Происходит дозаряд конденсатора до напряжения сети. При этом получается минимальное напряжение, прикладываемое к двигателям.

Для увеличения выходного напряжения момент прихода управляющего импульса на коммутирующий тиристор приближается к моменту прихода импульсов на коммутирующий тиристор. На втором этапе силовой и дополнительный тиристор получают импульсы одновременно. Для дальнейшего увеличения выходного напряжения импульс на коммутирующий тиристор начинает приходить с увеличивающейся задержкой по отношению к главному тиристору.

По отношению к выходному напряжению тиристорного преобразователя управляющим является напряжение ПИ-регулятора 12. Сточки зрения авторегулирования предпочтительна линейная зависимость управляющей характеристики формирователя импульсов, несмотря на двухэтапность регулирования. Линеаризацию общей регулировочной характеристики производят нелинейные элементы 13,14.

Задачей системы авторегулирования является изменение или поддержание заданного тока якоря без большого перерегулирования при оптимальном быстродействии. При этом в моторном режиме тяговый привод в сочетании с тиристорным преобразователем не склонен к автоколебаниям.

В тормозном режиме тяговый привод при независимом регулировании тока возбуждения имеет структурную неустойчивость. Кроме того, имеется три зоны скоростей торможения. Это зона высоких скоростей с ограничением коэффициента ослабления поля, зона скоростей, при которых э.д.с. якоря выше напряжения сети, и зона импульсного регулирования, когда э.д.с. двигателей ниже напряжения сети при полном возбуждении. В этих условиях регулятор должен иметь переменную структуру и переменный коэффициент усиления. Все перечисленные операции второго уровня сравнительно просто реализуются с помощью операционных усилителей в интегральном исполнении.

Силовые аккумуляторы электровоза регулярно подзаряжаются в результате рекуперативного торможения. Обычно, находясь на путях за пределами депо, энергия потребляется через третий рельс, энергия торможения отдается аккумуляторам. Для редкой профилактической подзарядки электровоз подходит к специальному зарядному устройству, разработанному для простых электровозов. Автором разработана схема (рис. 3) [3] , позволяющая производить подзарядку от третьего рельса через собственный преобразователь.

Как было указано выше, тиристорный преобразователь требует для своей работы коммутирующий контур, имеющий довольно большие габариты. Еще до появления тиристоров предпринимались попытки использовать для импульсного регулирования транзисторы. Но их мощность на то время была недостаточной.

В последнее время появились мощные силовые JGBT-транзисторы, сочетающие в себе простые и полевые транзисторы. Они не нуждаются в коммутирующих контурах, но в отличие от тиристоров требуют управляющего тока в течение всего открытого состояния, что несколько усложняют схему управления. Кроме того, они пока достаточно дороги. Однако есть возможность комбинированного использования сравнительно дешевых тиристоров и этих транзисторов на основании того, что в свое время автором было установлено, что один ключ (коммутирующий контур) может обеспечить коммутацию нескольких тиристоров.

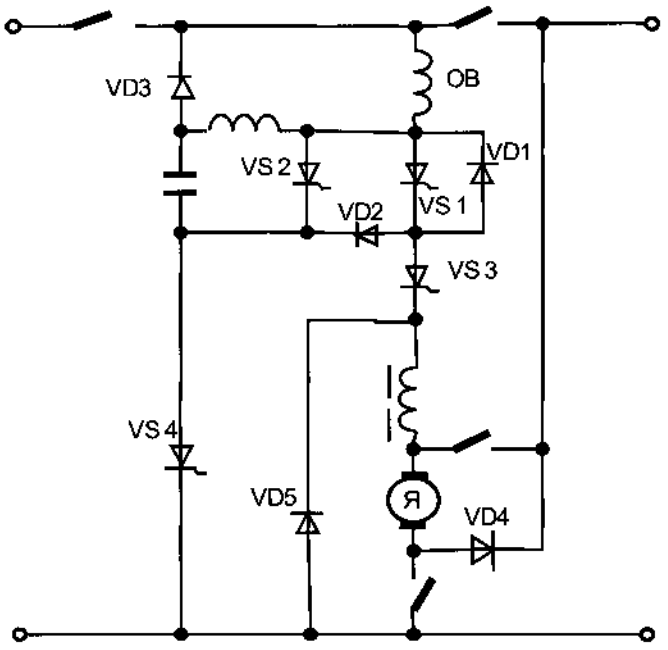


Рисунок 3 – Схема преобразователя с зарядкой аккумулятора от сети

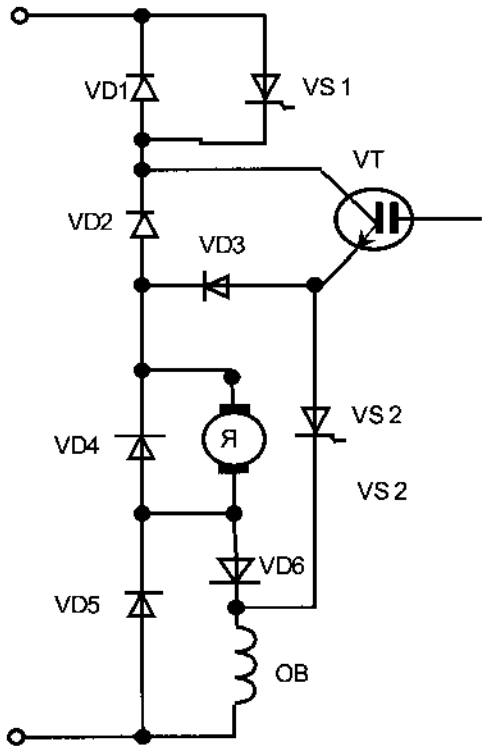


Рисунок 4 – Схема преобразователя без коммутирующего контура.

Схема такого преобразователя [4] изображена на рисунке 4. Здесь вместо коммутирующего контура используется мощный JGBT-транзистор (VT), который заменяет сразу два тиристора. Особенностью данной схемы является то, что она не требует переключений в силовой схеме при переходе из моторного режима в тормозной.

Алгоритмом управления тягового привода является поддержание заданного значения тока якоря. Однако этот алгоритм ухудшает противобоксовочные свойства привода. Автором разработан принцип противобоксовочной защиты [5], основанный на измерении ошибки регулирования в самой системе управления без установки дополнительных датчиков. Эта ошибка при срыве сцепления увеличивается в несколько раз и поэтому легко обнаруживается электронными устройствам

В настоящее время система управления может быть реализована на базе микропроцессорной техники с использованием алгоритмов, проверенных на аналоговой основе.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что двигатель постоянного тока последовательного возбуждения еще не исчерпал своих возможностей. Появление мощных транзисторов позволит сравнительно просто модернизировать существующий парк подвижного состава с переходом на импульсное, экономичное управление.

Литература

1. А.с. № 1372565 СССР. МКИ³ Н 02 Р 3/14. Электропривод / Р. Я. Сулейманов, Ю.А.Шевцов, М.Я. Волосов. Опубл. 07. 02 . 88. - Бюл. № 5.

2. А.с. № 1332508 СССР. МКИ³ Н 02 Р 15/00. Устройство для управления тяговым электроприводом / Р. Я. Сулейманов. Опубл. 23.08.87. -Бюл. №31.

3. А.с. № 1325652 СССР. МКИ³ Н 02 Р 3 / 14, В 60 L15/ 8. Электропривод постоянного тока. / Р. Я. Сулейманов, Ю. А. Шевцов. Опубл. 23.07.87. - Бюл.№- 27.

4. Патент 2207699 (Россия). 7 Н 02 Р 3 / 14, 5/16, В 60 i 7/10. Электропривод / Р. Я. Сулейманов. Опубл. 27.06.2003.-Бюл. №-18.

5. А.с. № 1318444 (СССР). МКИ³ В 60 L 3/10/Р. Я. Сулейманов. Опубл. 23.06.87. - Бюл. № 23.

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ИНДУКТОРА



Юрий Сергеевич Боголюбов,
к.т.н., доцент, ПГУПС



Александр Сергеевич Мазнёв,
д.т.н., профессор, ПГУПС



Сергей Александрович Тюленев,
главный конструктор ЗАО МП НТК

Специфика нагрева деталей из легированной стали под прессовую посадку и съём состоит в том, что предельные значения удельной мощности на поверхности детали не превышают 2 10^5 Вт/м^2 и имеет место явно выраженный поверхностный эффект в ферромагнитной среде с сильной зависимостью относительной магнитной проницаемости μ от удельной мощности P_0 и частоты f. Предложенный метод расчёта учитывает эту зависимость.

Введение

Предлагаемый метод расчёта предназначен для определения параметров индуктора при невысокой удельной мощности и полностью ферромагнитной загрузке.

1. Основные допущения

Допускается, что все витки индуктора охвачены одним общим потоком. Участок прохождения магнитного потока по детали и по зазору вдоль ее поверхности является полезным и рабочим, а участок внутри индуктора, но вне детали и снаружи индуктора - участком замыкания потока. По электрической схеме замещения (рисунок 1) производится определение параметров нагруженного индуктора для заданных геометрических размеров.

Удельная мощность P_0 определяется при тепловом расчёте и для электрического расчёта является заданной. Также заданными являются удельное сопротивление нагреваемой детали $\rho_д$ и частота f.

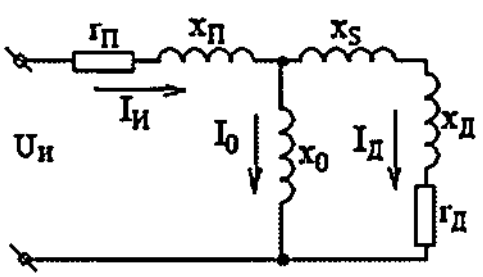


Рисунок 1 – Схема замещения

2. Расчёт глубины проникновения

Из выражения для удельной мощности $P_{уд}$ [1] получаем:

$$H_0^2\sqrt{\mu} = 3{,}67 * 10^2 \frac{P_0}{\sqrt{\rho_д f}} \quad (1)$$

Зависимость μ ($H_0^2\sqrt{\mu}$), представленная на рис.1, может быть описана функцией вида: $y=568\ x-0{,}61$.

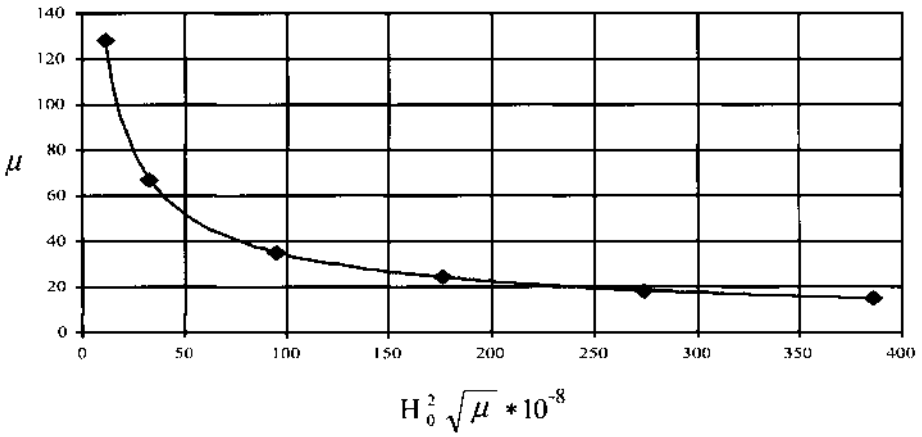


Рисунок 2 – Зависимость μ от $H_0^2\sqrt{\mu}$

Зависимости глубины проникновения токов высокой частоты в сталь ($\Delta_{д}$) и медь ($\Delta_{п}$), построенные по (2), приведены на рисунке 3.

$$\Delta_П = \frac{0{,}0712(медь)}{\sqrt{f}},\ м; \quad \Delta_Д = 503\sqrt{\frac{\rho_д}{\mu f}},\ м; \quad (2)$$

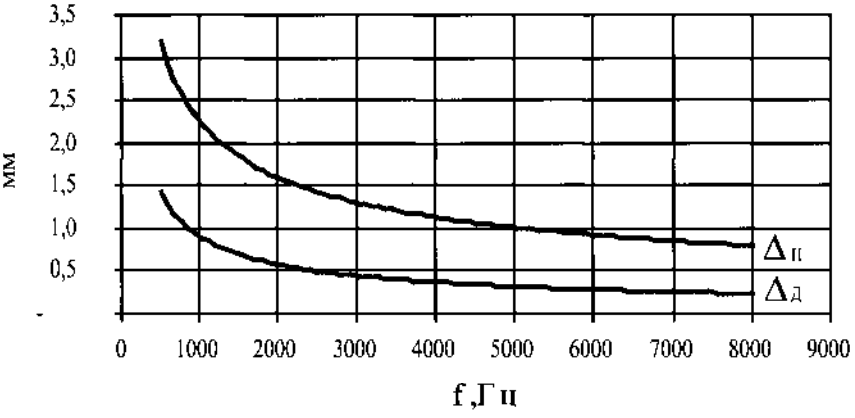


Рисунок 3 – Зависимости глубины проникновения

Для полубесконечной среды и $\mu = var$ активная мощность приблизительно в 1,37 раза больше, чем при $\mu = const$, а реактивная остается примерно той же самой. Таким образом, в холодном режиме активная и реактивная мощности соответственно будут равны [1,2]

$$P_a = 8{,}6 \cdot R_Д^2 \cdot L_Д \cdot H_0^2 \cdot \frac{\rho_д}{\Delta_д} \cdot 10^{-3},\ кВт, \quad (3)$$

$$P_p = 6{,}28 \cdot R_Д^2 \cdot L_Д \cdot H_0^2 \cdot \frac{\rho_д}{\Delta_д} \cdot 10^{-3},\ квар, \quad (4)$$

где $\rho_д$ - удельная проводимость нагреваемой детали;

$\Delta_д$ - глубина проникновения тока в нагреваемую деталь;

H_0 - напряженность поля на поверхности;

$R_д$ - радиус нагреваемой детали;

$L_д$ - длина нагреваемого объекта.

3. Расчёт параметров индуктора

Расчётные выражения, с учётом (3) и (4) для приведенных к намагничивающему току на поверхности детали сопротивлений $r_д$ и $x_д$ и приведенных к индуктору сопротивлений детали $r'_д$ и $x'_д$, имеют вид:

$$r_д = 8{,}6 \cdot \frac{\rho_д}{\Delta_д} \cdot \frac{R_д}{L_д}$$

$$x_д = 6{,}28 \cdot \frac{\rho_д}{\Delta_д} \cdot \frac{R_д}{L_д} \quad (5)$$

$$r'_д = c \cdot r_д \cdot \omega^2$$

$$x'_д = c \cdot \left[x_s + x_д + \frac{r_д^2 + (x_s + x_д)^2}{x_0} \right] \cdot \omega^2$$

где x_0 - индуктивное сопротивление обратного замыкания потока

$$x_0 = 24{,}8 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{f \cdot R_и^2 \cdot K_1}{l_и - L_д \cdot K_1}; \quad (6)$$

x_s - индуктивное сопротивление рассеяния

$$x_s = 24{,}8 \cdot 10^{-8} \cdot f \cdot \frac{R_и^2 - R_д^2}{L_д}, \quad (7)$$

c- коэффициент приведения параметров:

$$c = \frac{x_0^2}{r_Д^2 + (x_0 + x_s + x_Д)^2}. \qquad (8)$$

Активное и внутреннее индуктивное сопротивление индуктирующего провода:

$$r_И = 1{,}75 \cdot 10^{-6} \frac{R_П \sqrt{f}}{l_И} \cdot K_r$$
$$x_П = 1{,}75 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{R_П \sqrt{f}}{l_П} \cdot K_{x,} \qquad (9)$$

где K_x, K_r - поправочные коэффициенты, зависящие от толщины индуктирующего провода и частоты (см. рисунок 4).

Зависимости K_r и K_x от частоты могут быть описаны соответственно функциями вида:

$$y = 1{,}0146 - 0{,}004 \cdot x^4 + 0{,}039 \cdot x^3 - 0{,}0327 \cdot x^2 - 0{,}0195 \cdot x;$$
$$y = 0{,}2698 - 0{,}0027 \cdot x^6 + 0{,}0524 \cdot x^5 - 0{,}3765 \cdot x^4 + 1{,}2356 \cdot x^3 - 1{,}7406 \cdot x^2. \qquad (10)$$

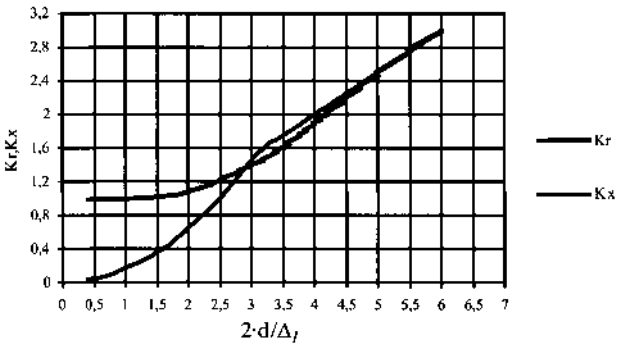


Рисунок 4 – Зависимости поправочных коэффициентов K_x, K_r

Активное и индуктивное сопротивление подводящих проводов:

$$r_ш = 2 \cdot \rho_Ш \cdot l_m \cdot K_r / d_ш \cdot в,$$
$$x_ш = 2 \cdot \rho_Ш \cdot l_ш \cdot Kx / d_ш \cdot в, \qquad (11)$$

где $l_ш$ - длина проводящего провода;

$d_ш$ - толщина проводящего провода;

$в$ - ширина проводящего провода.

Активное, индуктивное и полное сопротивления нагруженного индуктора:

$$r_н = r_ш + r_П \cdot \omega^2 + r_Д^1,$$
$$x_н = x_ш + x_{П_1} \cdot \omega^2 + x_Д^1, \quad ; \qquad (12)$$
$$z_н = \sqrt{z_н^2 + x_н^2}$$

КПД индуктора $\eta_н = \frac{r_Д^1}{r_н}$. (13)

Коэффициент мощности индуктора: $\cos\varphi = \frac{r_н}{z_н}$. (14)

Мощность, передаваемая в нагреваемую деталь $P_Д = \pi \cdot D_Д \cdot l_Д \cdot P_0$, Вт. (15)

Ток в индукторе: $I_И = \sqrt{P_Д / r_Д^1}$, А. (16)

Мощность, подводимая к индуктору

$$P_н = P_Д / \eta_н, \text{ Вт}. \qquad (17)$$

4. Пример расчёта индуктора

Исходные данные расчета индуктора для нагрева внутреннего кольца подшипника: $R_П$ = 0,085м; $R_Д$ = 0,075м $l_{1Г}$=0,091м; $l_Д$=0,088м; $\rho_П$ = 1,8*10^{-8}0м/м; $\rho_Д$ = 1,8*10^{-7} Ом/м; ω = 20 витков; P_0 = 1,64*10^5 Вт/м^2.

Результаты расчета индуктора для нагрева внутреннего кольца подшипника приведены на рисунках 5, 6, 7, 8:

Заключение

1. Определение аппроксимирующих кривых, отражающих соответствующие зависимости величин μ_r, Kr, Kx в явном виде позволяет точно определить все параметры индуктора для любых значений частоты и мощности и в конечном итоге определить оптимальный рабочий диапазон.

2. При фиксированной мощности нагрева ток индуктора с ростом частоты уменьшается, т.е. увеличивая частоту, ту же самую мощность можно передавать в индуктор при меньшем токе.

3. Принимая во внимание достаточно высокое его значение cos φ в рассматриваемом диапазоне частот, можно рекомендовать подключение индуктора без резонансной конденсаторной батареи.

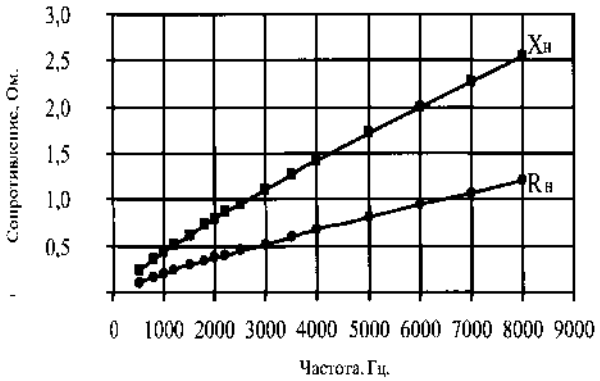


Рисунок 5 – Зависимость $r_н$ и $x_н$ от f

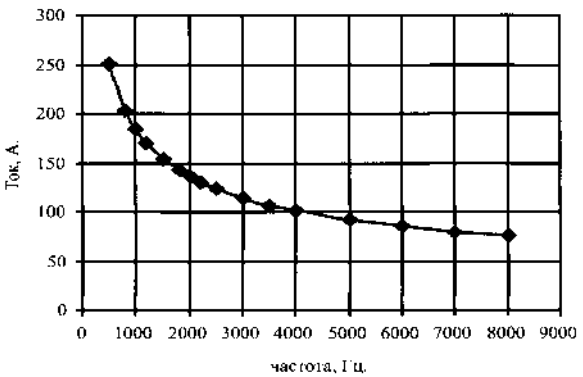


Рисунок 6 – Зависимость $I_и$ от f

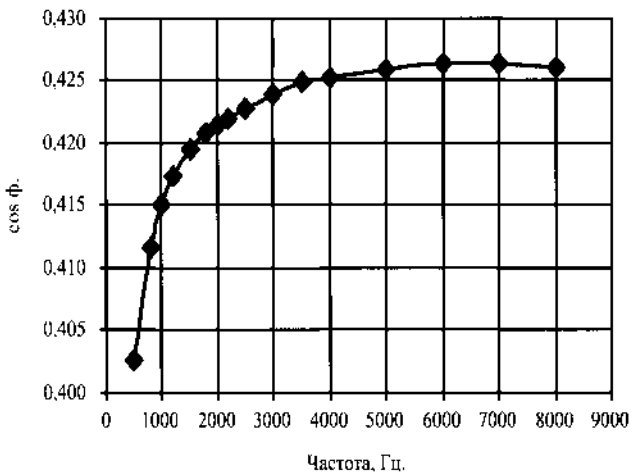


Рисунок 7 – Зависимость cos φ от f

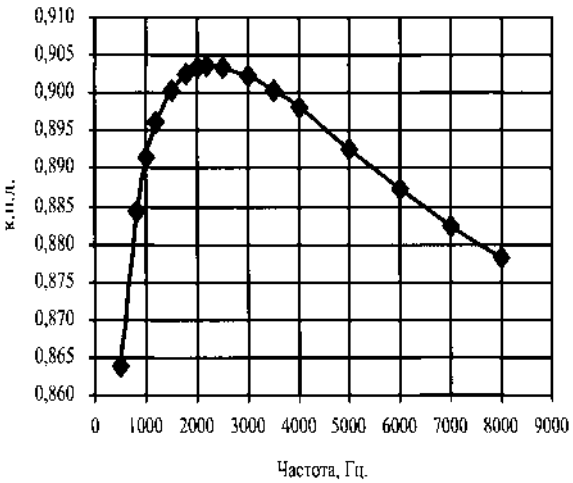


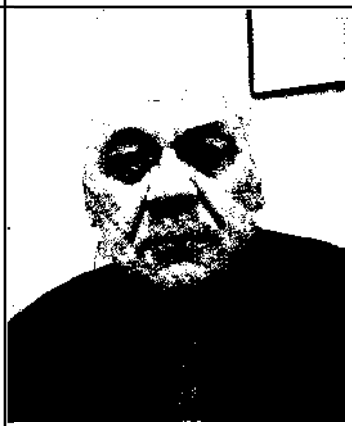
Рисунок 8 – Зависимость к.п.д. от f

Литература

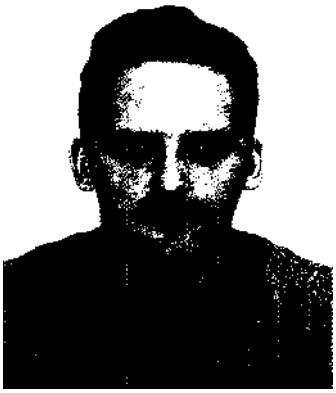
1. Установки индукционного нагрева/ Под ред. А.Е. Слухоцкого. - Л.: Энергоиздат, 1981.

2. Шамов А. Н., Бодажков В.А.. Проектирование и эксплуатация высокочастотных установок. -Ленинград: Машиностроение, 1974.

Ахмеджанов Р.А., Кашка В.С.



Ахмеджанов Равиль Абдрахманович,
кандидат технических наук, профессор, ОмГУПС



Кашка Владимир Сергеевич, инженер, *ОмГУПС*

Человек уже давно заметил чудесные свойства магнита и научился применять его для достижения своих целей. Но как ни прекрасно это природное явление, не все в нем устраивает человека. Сложности в процессе получения магнита с заданными характеристиками поля и необходимость изменять их заставили искать иной источник.

Таковым стала заряженная частица. Явление возникновения магнитного поля вокруг проводника с током было почти одновременно описано тремя учеными. Закон получил название "закон Био-Савара-Лапласа". Изменяя пространственное положение проводника и характеристики электрического тока, можно получать различные комбинации магнитного поля. Многие отрасли промышленности используют поля спирально навитых проводников с током (соленоидов). Эффективность их применения требует полного и достоверного представления топографии магнитного поля. Однако математическая модель последней из-за сложности расчетов ограничивается в большинстве случаев нахождением магнитной индукции в точках на центральной оси витка. При этом используется выше упомянутый закон Био-Савара-Лапласа (рис. 1):

$$d\vec{H} = \frac{I}{4\pi}\frac{d\vec{l}\times\vec{r}}{r^3}, \qquad (1)$$

где r - радиус-вектор анализируемой точки, м;
dl - элемент проводника;
I - сила постоянного тока, А.

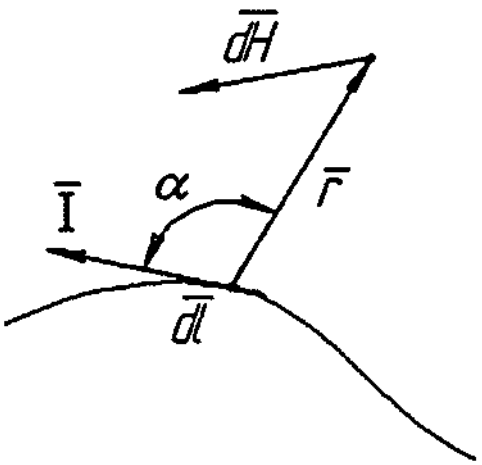


Рисунок 1

Для определения напряжённости поля, образованного проводником конечной длины, необходимо произвести суммирование по всей длине проводника.

Рассмотрим случай кругового расположения проводника. Для проекций на декартовые оси координат вектора напряжённости (рис. 2) справедливы следующие выражения:

$$dH_z = \frac{1}{4\pi}\frac{Idl}{r^2}\cdot\sin(\alpha)\cdot\cos(\beta); \quad (2)$$

$$dH_x = \frac{1}{4\pi}\frac{Idl}{r^2}\cdot\sin(\alpha)\cdot\sin(\beta)\cdot\cos(\gamma); \quad (3)$$

$$dH_y = \frac{1}{4\pi}\frac{Idl}{r^2}\cdot\sin(\alpha)\cdot\sin(\beta)\cdot\sin(\gamma). \quad (4)$$

Sin(α) является результатом векторного произведения в (1).

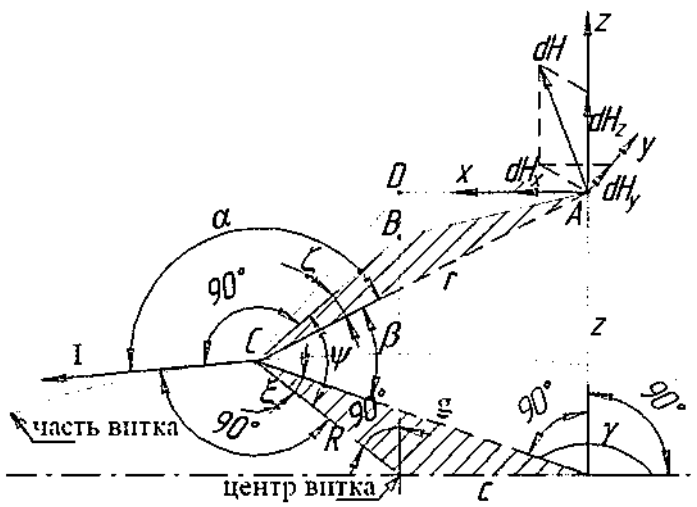


Рисунок 2

Для нахождения напряжённости поля в точке А необходимо произвести интегрирование по всему витку проводника. Поэтому удобнее заменить переменную интегрирования на угол в плоскости витка у, при этом нижний предел интегрирования будет равен нулю, а верхний 2л. Исходя из малости угла dy, справедливо выражение:

$$dl = g(\gamma)\cdot d\gamma \quad (5)$$

Так как точка А смещена относительно центральной оси на величину с, значения g, г, а ,(3, ^ являются функциями отугла интегрирования у. Для составления подынтегральной функции найдём эти зависимости.

Проекция радиус-вектора на плоскость витка выражается по теореме косинусов:

$$g(\gamma)^2 = R^2 + c^2 - 2Rc\cdot\cos\left(\gamma - \arcsin\left(\frac{c}{R}\cdot\sin(\gamma)\right)\right). \quad (6)$$

Cos(β) и г находим из условия соотношения сторон в прямоугольном треугольнике:

$$\cos(\beta) = \frac{g(\gamma)}{\left[z^2 + g(\gamma)^2\right]^{\frac{1}{2}}}, \quad (7)$$

$$r(\gamma) = \left(z^2 + g(\gamma)^2\right)^{\frac{1}{2}}. \quad (8)$$

Для нахождения угла α необходимо продлить центральную ось витка до пересечения с плоскостью, образованной радиус-вектором и касательной к витку (перпендикуляром к этой плоскости в точке А, из условия произведения векторов в законе Био-Савара-Лапласа, является вектор напряжённости поля). Отрезок ВС, соединяющий точку пересечения центральной оси с этой плоскостью и точку соприкосновения касательной и витка, является перпендикуляром к касательной, как и его проекция (радиус витка), и делит угол а на прямой постоянный угол и угол ζ, зависимый отугла интегрирования γ. Угол ζ находим по теореме косинусов:

$$\zeta = \arccos\left(\frac{BC^2 + r^2 - AB^2}{2\cdot BC\cdot r}\right), \quad (9)$$

$$BC = \frac{R}{\cos(\psi)}, \quad (10)$$

$$AB^2 = \left(z - R\cdot tg(\psi)\right)^2 + c^2 \quad (И)$$

Для нахождения угла ⩛ изобразим на рисунке 3 пересечение плоскости витка и плоскости, образованной радиус-вектором и элементом витка. Пересечение произойдёт по линии, являющейся касательной к витку проводника. Из условий построения стороны угла ψ перпендикулярны линии пересечения. Предположим, что угол между стороной угла ψ, лежащей в плоскости витка, и линией пересечения плоскостей изменится от постоянного π/2 до 0. Тогда пространственный угол изменится от первоначального угла ц/ между линиями, перпендикулярными линии пересечения плоскостей, до нуля, так как сторона пространственного угла, лежащая в плоскости витка, образует перпендикуляром к этой плоскости в точках, лежащих на этой стороне угла, вторую сторону этого угла.

Предположим, что уменьшение до нуля произойдёт за одну секунду, тогда скорости изменения угла в плоскости витка и пространственного угла определятся соответственно как

$$V_1 = \frac{\pi}{2\cdot\text{секунда}}, \quad (12)$$

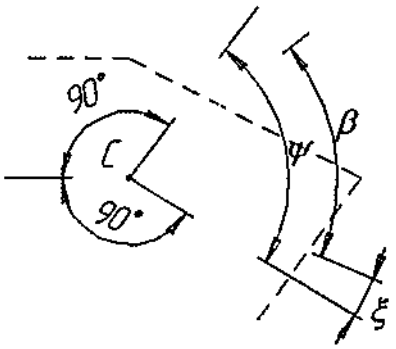


Рисунок 3

$$V_2 = \frac{\psi}{\text{секунда}} \qquad (13)$$

Определим абстрактное время, необходимое для достижения углом в плоскости витка значения $\pi/2\text{-}\xi$.

$$t = \frac{\left(\frac{\pi}{2} - \xi\right)\cdot 2}{\pi} \qquad (14)$$

За это же время пространственный угол примет значение β.

$$t = \frac{\beta}{\psi} \qquad (15)$$

Из условия равенства левых частей (14) (15) следует:

$$\psi = \frac{\beta}{1 - \frac{2\cdot\xi}{\pi}} \qquad (16)$$

Собрав все найденные величины в (9), получим выражение для $\sin(\alpha)$:

$$\sin(\alpha) = \frac{1}{2}\cdot\frac{2\cdot z\cdot R\cdot\sin\left(\frac{\beta}{1-\frac{2\cdot\xi}{\pi}}\right) + \left(R^2 - c^2 + g^2\right)\cdot\cos\left(\frac{\beta}{1-\frac{2\cdot\xi}{\pi}}\right)}{R\cdot\left(z^2+g^2\right)^{\frac{1}{2}}}. \qquad (17)$$

В выражении (17) учтено, что угол а состоит из углов ζ и $\pi/2$.

Выражения для проекций вектора напряжённости поля (2), (3), (4) можно записать как:

$$H_z = \frac{I}{4\pi}\int_0^{2\cdot\pi}\frac{g}{r^2}\sin(\alpha)\cdot\cos(\beta)d\gamma, \qquad (18)$$

$$H_x = \frac{I}{4\pi}\int_0^{2\cdot\pi}\frac{g}{r^2}\sin(\alpha)\cdot\sin(\beta)\cdot\cos(\gamma)d\gamma, \qquad (19)$$

$$H_y = \frac{I}{4\pi}\int_0^{2\cdot\pi}\frac{g}{r^2}\sin(\alpha)\cdot\sin(\beta)\cdot\sin(\gamma)d\gamma. \qquad (20)$$

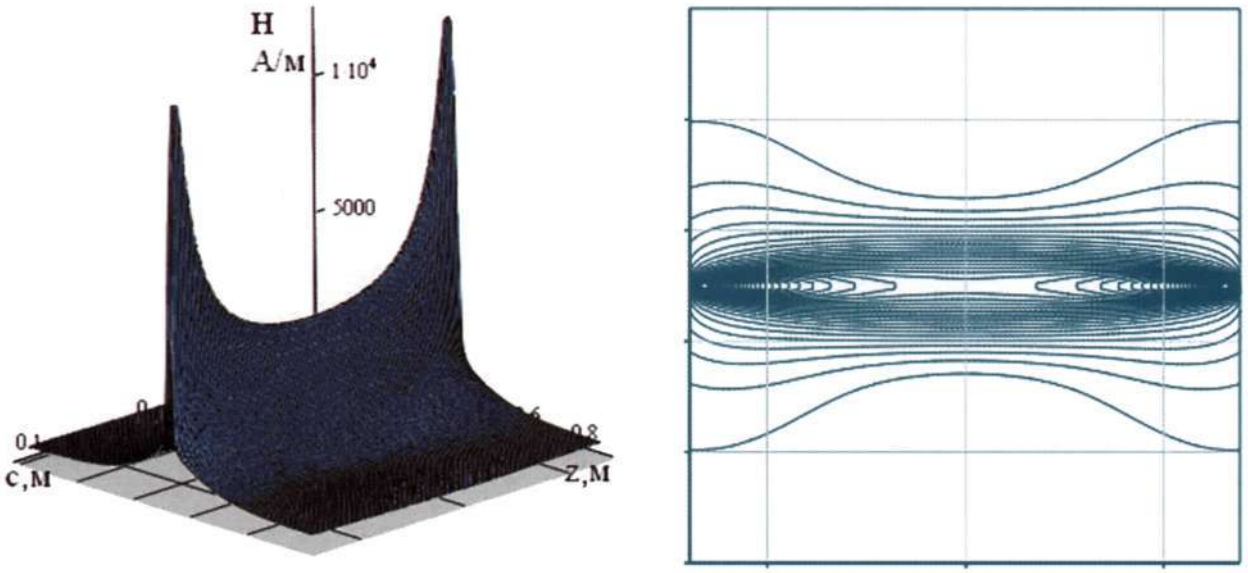
Результирующий вектор напряжённости магнитного поля определится из теоремы Пифагора как

$$H = \sqrt{H_x^2 + H_y^2 + H_z^2}. \qquad (21)$$

Подстановка функций, выраженных через переменную интегрирования γ, в (18), (19), (20) и (21) не производится из-за громоздкости получающихся подынтегральных функций. Взять такие интегралы в аналитической форме сложно. Поэтому, подставив значения величин, характеризующих виток с током, интегрируем выражения (18), (19), (20) посредством ЭВМ в заранее заданном интервале координат анализируемых точек поля. Результатом является распределение поля в заранее заданной области. На рисунках 4а и 5а изображены распределения проекций напряжённости на оси «z» и «x» соответственно, а распределение результирующего вектора изображено на рисунке 6а. Соответствующие им графики линий равной напряжённости поля представлены на рисунках с индексами б. Проекция на ось «y» в любой точке равна нулю, так как изначально образована симметричными половинами витка.

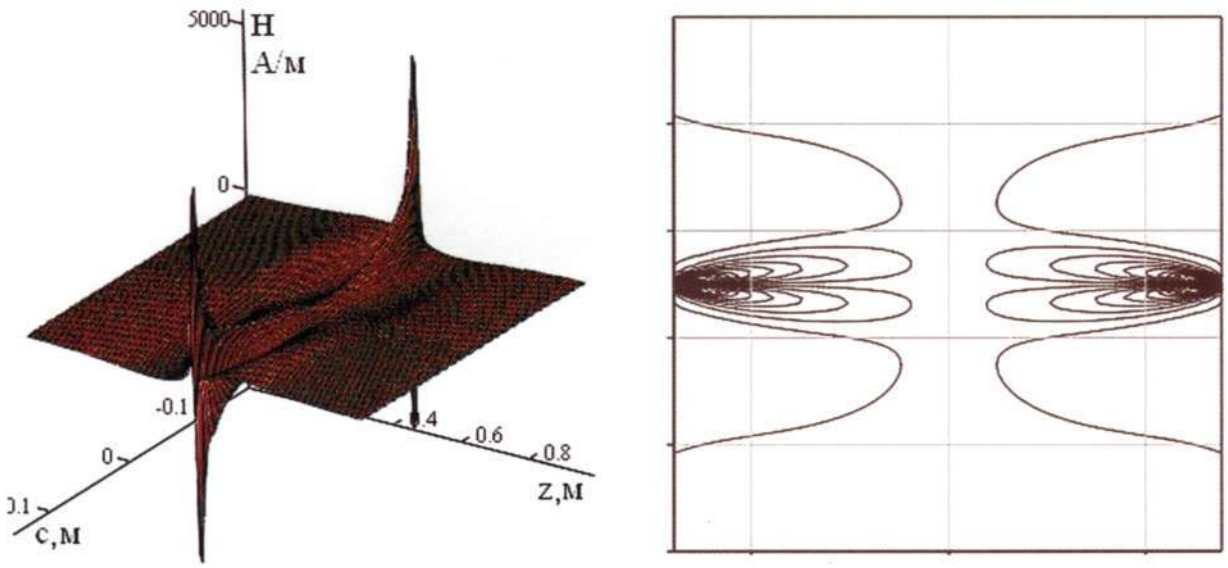
На рисунках 4а, 5а и 6а центральная ось витка проходит в горизонтальной плоскости графика через ноль оси «c», параллельно оси «z». Плоскость витка параллельна плоскости H_{oc} и расположена на всплеске напряжённости. На рисунках с индексами б центральная ось витка есть средняя вертикальная прямая, а виток касается плоскости в точках с наибольшим сгущением линий.

Согласно полученным графикам, значения проекции напряжённости поля на ось «z» и



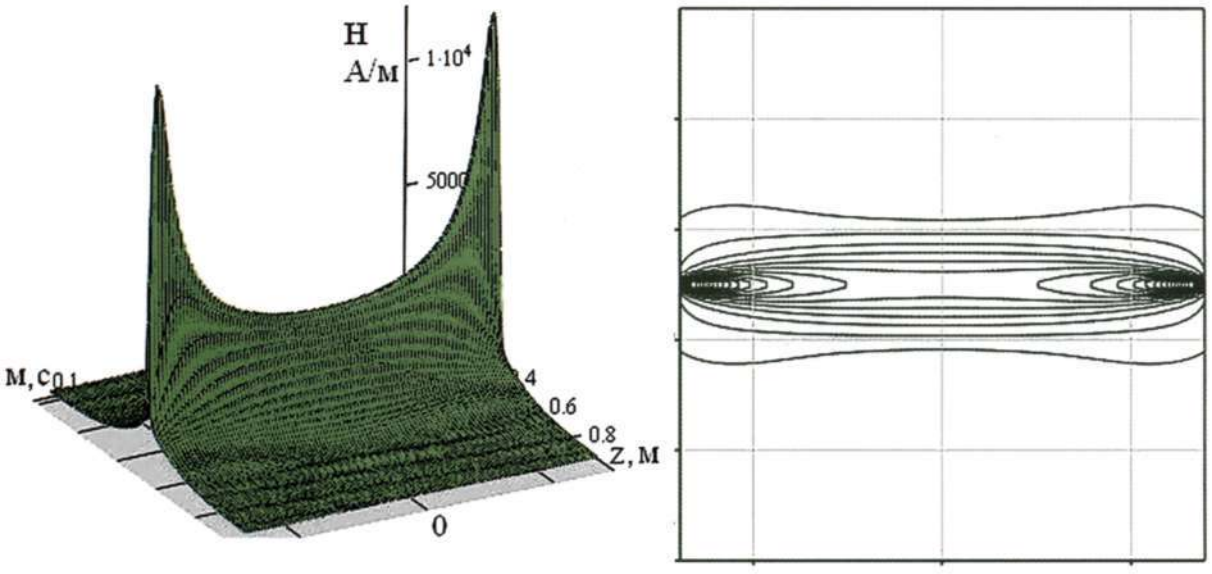
а *б*

Рисунок 4



а *б*

Рисунок 5



а *б*

Рисунок 6

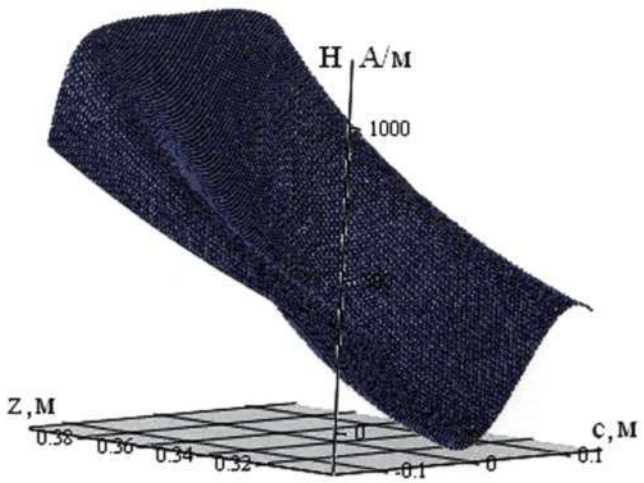


Рисунок7

результирующего вектора в области витка возрастают при удалении от центра витка и убывают при удалении от плоскости витка. Графикам свойственна седлообразная форма. При необходимости существует возможность учесть в расчётах более сложное распределение напряжённости вблизи витка (рис. 7).

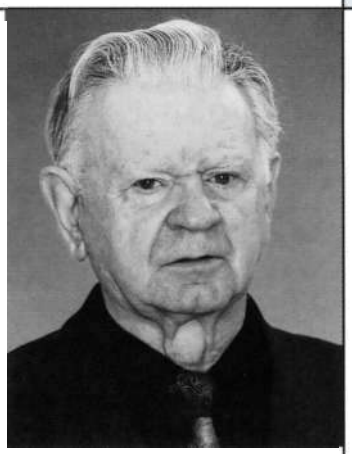
Проекция напряжённости на ось «x», согласно графику на рисунке 5, имеет нулевые значения в плоскости витка и отличающиеся знаком экстремумы по его разные стороны, что объясняется противоположной направленностью векторов напряжённости.

Иной способ получения математической модели электромагнитного поля витка с постоянным током был предложен Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшицем в работе «Электродинамика сплошных сред». Основное отличие заключается в использовании магнитной индукции как характеристики поля и её взаимосвязи с векторным потенциалом. В результате такого подхода в выражениях появляются полные эллиптические интегралы первого и второго рода и связанные с ними проблемы их решения.

Силуков Ю.Д.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СЦЕПЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО КОЛЕСА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Величина сцепления колес автомобилей с дорожным покрытием является одним из важнейших эксплуатационных показателей. По нему определяется нагрузка на рейс, скорость движения и тормозной путь автомобиля, т.е. его производительность и безопасность движения. Важно знать, как правильно измерять силу тяги по сцеплению автомобиля в различных дорожных условиях.



Силуков Юрий Дмитриевич.,
доктор технических наук, профессор, зам. директора автомобильно-дорожного института УГЛТУ, академик РАЕН

Величина сцепления колеса с опорной поверхностью имеет большое значение для устойчивости, безопасной езды, допустимой скорости движения и способности колес автомобиля воспринимать или передавать максимальные касательные силы при взаимодействии с дорогой.

Сцепление шины с дорогой оценивается коэффициентом сцепления φ, который представляет отношение наибольшей касательной реакции в плоскости контакта колеса T_φ к вертикальной реакции $Z_к$ в момент, когда начинается буксование или скольжение колеса:

$$\varphi = \frac{T_\varphi}{Z_к} \qquad (1)$$

Так как $Z_К = G_К$, где $G_К$ - вертикальная нагрузка на колесо, то выражение (1) изменит вид:

$$\varphi = \frac{T_\varphi}{G_к} \qquad (2)$$

Обычно в отечественной и зарубежной литературе схему сил, моментов и реакций, действующих на ведущее колесо (колесо, к которому подведен крутящий момент) при равномерном его качении по твердой дороге изображают так, как показано на рис.1 (слева).

Из условия равновесия моментов относительно оси колеса при равномерном движении можно записать, что

$$M_к = Tr_g + Z_к a \qquad (3)$$

где r_g - динамический радиус колеса (расстояние от оси колеса до опорной поверхности во время движения);

T - касательная горизонтальная реакция в плоскости контакта колеса;

a - условное плечо сопротивления качению колеса.

При максимально - возможном подведенном крутящем $M_к^{max}$ моменте равенство (3) примет вид

$$M_к^{max} = T_\varphi r_g + Z_к a \qquad (4)$$

где T_φ - максимально возможная горизонтальная реакция, приложенная к колесу со стороны дороги, которую называют силой сцепления.

В равенствах (3) и (4) величина a характеризует условное плечо сопротивления качению, а не действительный снос в нормальной реакции $Z_К$.

Действительный снос *в* представляет собой кратчайшее расстояние по горизонтали от вертикальной оси колеса (рис.1, справа) до точки приложения равнодействующей нормальных реакций дороги $Z_К$. Из-за наличия гистерезных потерь в шине плечо *в* по своей величине будет меньше условного плеча сопротивления качению a:

$$в < a. \qquad (5)$$

Условное плечо сопротивления качению a, по предложению академика Чудакова [1] определяется делением момента сопротивления качению M_f на нормальную нагрузку на колесо G_K:

$$(6) = \frac{M_f}{G_K}$$

С учетом равенства (5) можно написать, что

$$в < \frac{M_f}{G_K} \qquad (7)$$

Если в равенстве (4) условное плечо сопротивления качению *а* заменить сносом нормальной реакции *в*, то

$$Mr > T_{(p} r_g + Z_K e. \qquad (8)$$

Сущность неравенства (8), где $в < a$, можно объяснить следующим.

Во время качения колеса в зоне контакта с дорогой элементы протектора шины будут иметь различные по величине деформации, а следовательно, и различные в разных точках контакта горизонтальные силы. Элементы протектора, у которых эти силы превосходят силу сцепления, будут проскальзывать по опорной поверхности.

Таким образом, при качении колеса происходит постоянное частичное проскальзывание отдельных элементов шины вдоль и поперек контакта. Наличие такого проскальзывания по опорной поверхности обуславливает потери на трение в контакте и может уменьшить силу сцепления. Если часть элементов шины проскальзывает в контакте, то, очевидно, нужно приложить меньшую по величине горизонтальную силу, чтобы вызвать скольжение неподвижных до этого остальных элементов протектора шины по поверхности дороги.

Из изложенного следует, что схему сил, моментов и реакций, действующих на ведущее колесо, следует изображать как показано на рис.1 (справа) с действительным плечом сноса вертикальной реакции *в*, а не условным *а*.

Если к ведущему колесу, которое равномерно вращается с проскальзыванием отдельных элементов, подвести возможно максимальный крутящий момент, то

$$M_к^{\max} = (T_{\max} + \Delta T) r_g + Z_к в, \qquad (9)$$

где

$$T_{max} + \Delta T = T_\varphi \qquad (10)$$

ΔT - часть силы сцепления, затрачиваемая на качение колеса, примерно равная

$$\Delta T = Z_к (a - в) \qquad (11)$$

Тогда

$$T_\varphi = T_{max} + Z_к (a - в), \qquad (12)$$

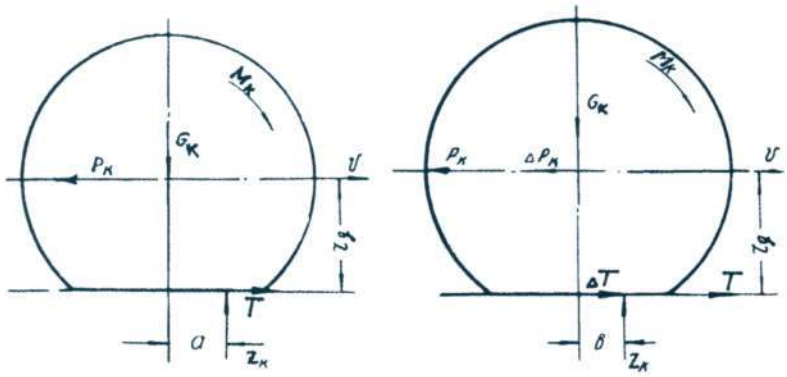


Рисунок 1 – Схема сил и моментов, действующих на ведущее колесо при равномерном качении его по твердой дороге с условным (слева) и действительным (справа) плечами сноса вертикальной реакции:

M_k – крутящий момент, подведенный к оси колеса;

G_K – вертикальная нагрузка на ось колеса;

Z_K – вертикальная реакция со стороны дороги;

P_k – горизонтальная реакция на оси колеса;

r_g – динамический радиус колеса (расстояние от оси колеса до поверхности дороги);

a – условное плечо сопротивления качению (условный снос вертикальной реакции);

$в$ – действительное плечо сноса вертикальной реакции;

ΔT – часть силы сцепления, затрачиваемая на качение колеса.

a - момент сопротивления качению

$$M_f = вG_к + \Delta Tr_g \qquad (13)$$

Согласно сухому трению статический коэффициент сцепления больше динамического, поэтому теоретически максимальную величину крутящего момента (момента сцепления) при качении колеса можно получить, когда все элементы в контакте с дорогой будут находиться на грани скольжения. В действительности из-за эластичности шины, при реализации максимального момента сцепления, только часть элементов в контакте будет находиться на грани скольжения, а другая часть будет проскальзывать.

Поэтому определить статический коэффициент сцепления, когда все элементы протектора шины в контакте должны находиться на грани скольжения, практически невозможно.

Обычно на практике во время экспериментов сцепления колеса с дорогой определяются при пробуксовке или полном буксовании колеса, а также при полном его скольжении (юз) или при частичном проскальзывании.

Для подсчета коэффициента сцепления φ нужно вычислить силу сцепления T_φ. Обычно на практике она как для твердой дороги, так и для мягкого грунта вычисляется одинаково из выражения:

$$T_\varphi = \frac{M_\varphi^{max}}{r_g} \qquad (14)$$

В равенстве (14) r_g, как было сказано выше, представляет собой динамический радиус, который принимается равным расстоянию от оси колеса до поверхности твердой дороги или до дна колеи на мягком грунте. Вычисление силы сцепления T_φ по равенству (14) не всегда будет правильным.

Рассмотрим этот вопрос более подробно. Для определения расстояния от оси колеса до горизонтальной плоскости, в которой находится сила сцепления T_φ, сделаем следующие предпосылки:

1. Под горизонтальной реакцией T со стороны дороги принимается адитивная функция области удельных касательных горизонтальных сил по площади поверхности контакта:

$$T = \int_F \tau(\alpha) dF,$$

где F - площадь поверхности контакта колеса с дорогой;

$\tau(\alpha)$ - закон распределения касательных усилий по площади поверхности контакта.

Силой сцепления T_φ колеса с дорогой называется максимально возможное значение реакции T.

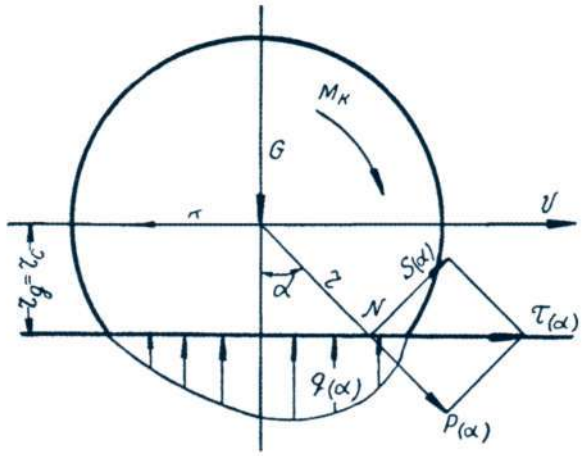


Рисунок 2 – Расчетная схема сил и моментов, приложенных к равномерно катящемуся ведущему колесу по твердой поверхности, для определения силового радиуса r_c.

2. Угол α представляет пространственную координату точки поверхности контакта. Он образуется между прямой, проходящей через центр колеса и точку поверхности контакта, и вертикальной осью колеса (рис.2).

3. Расстояние от оси колеса до горизонтальной плоскости, в которой действует сила сцепления T_φ или горизонтальная реакция T (равнодействующая всех касательных элементарных сил $\tau(\alpha)$), называется силовым радиусом r_c.

4. Моментом сцепления колеса M_φ называется произведение горизонтальной реакции T на силовой радиус r_c. Максимальное значение M_φ^{max} соответствует произведению T_φ и r_c.

5. Принимается, что эпюра распределения касательных напряжений (при $M_K = M_\varphi^{max}$) пропорциональна эпюре распределения удельных давлений:

$$\tau'(\alpha) = \varphi' q(\alpha), \qquad (16)$$

$$\tau''(\alpha) = \varphi'' q(\alpha), \qquad (17)$$

где $\tau''(\alpha)$ - удельная горизонтальная касательная сила, действующая на элемент шины, которая находится на грани скольжения;

φ' -статический коэффициент сцепления (характеризует сцепление элементов, которые находятся на грани скольжения);

$q(\alpha)$ - нормальное удельное давление в контакте шины, действующее на ее элемент;

$\tau''(\alpha)$ - удельная горизонтальная сила, действующая на элемент протектора шины, который скользит по дороге;

φ'' - динамический коэффициент сцепления (характеризует сцепление скользящих элементов шины).

6. Согласно теории сухого трения принимается, что статический коэффициент сцепления больше динамического:

$$\varphi' > \varphi'' \qquad (18)$$

На рис.2 показано ведущее колесо, катящееся по твердой дороге, на которое действуют вертикальная нагрузка G и крутящий момент M_K

Рассмотрим на поверхности контакта шины точку N, положение которой определяется углом α. В точке N приложена горизонтальная удельная сила $\tau(\alpha)$. Разложим силу $\tau(\alpha)$ на две составляющие: $s(\alpha)$ направленную перпендикулярно к текущему радиусу r, и $p(\alpha)$ действующую по направлению радиуса г.

Элементарный момент сцепления dM_φ относительно оси колеса будет

$$dM_\varphi = rs(\alpha)dF \qquad (19)$$

где dF - элементарно малая площадь поверхности контакта, на которую действует сила $s(\alpha)$

Из рис.2 следует, что

$$s(\alpha) = \tau(\alpha)\cos, \qquad (20)$$

$$r = \frac{r_g}{\cos\alpha} \qquad (21)$$

Возьмем интеграл по всей площади поверхности контакта F колеса с дорогой, тогда выражение (19) примет вид

$$M_\varphi = \int_F rs(\alpha)dF \qquad (22)$$

Подставляя в (22) значения $s(\alpha)$ и r, получим

$$M_\varphi = r_g \int_F \tau(\alpha)dF \qquad (23)$$

С учетом равенства (15) имеем

$$M_\varphi = r_g T. \qquad (24)$$

Так как расстояние от оси колеса до плоскости, в которой действует касательная сила T, равно силовому радиусу r_C, то в нашем случае для твердой дороги

$$r_C = r_g \qquad (25)$$

Следовательно, при качении колеса по твердой дороге силовой радиус r_C равен расстоянию от оси колеса до поверхности дороги.

Известно, что сила сцепления

$$T_\varphi = \varphi G_K \qquad (26)$$

тогда коэффициент сцепления φ с учетом равенств (24), (25) и (26) найдется из следующего выражения:

$$\varphi = \frac{T_\varphi}{G_K} = \frac{M_\varphi^{max}}{r_g G_K} \qquad (27)$$

В выше приведенных равенствах не учитывалось проскальзывание отдельных элементов протектора шины в контакте с дорогой.

С учетом частичного проскальзывания отдельных элементов шины, момент сцепления Mf находится из равенства

$$M_\varphi = r_c \int_{F'} \tau'(\alpha)dF + r_c \int_{F''} \tau''(\alpha)dF, \qquad (28)$$

где F' - площадь поверхности, соответствующая $\tau'(\alpha)$ когда элементы находятся на грани скольжения;

F'' - площадь поверхности, соответствующая $\tau''(\alpha)$ когда элементы шины скользят по дороге.

Можно записать, что

$$T = \int_{F'} \tau'(\alpha)dF + \int_{F''} \tau''(\alpha)dF \qquad (29)$$

тогда равенство (28) примет вид

$$M_\varphi = Tr_C \qquad (30)$$

Когда все элементы протектора шины находятся на грани скольжения и еще не скользят, величина силы сцепления T_φ, с учетом равенства (16), находится из выражения

$$T_{\varphi'} = \varphi' \int_{F'} q(\alpha)dF \qquad (31)$$

Для случая одновременного проскальзывания всех элементов шины сила сцепления T_φ, с учетом выражения (17), найдется из равенства

$$T_\varphi = \varphi'' \int_{F''} q(\alpha)dF \qquad (32)$$

При вынесении φ' и φ'' за знак интеграла сделано допущение, что они представляют собой постоянные величины, хотя в действительности являются переменными и зависят от многих факторов.

Равенства (31) и (32) позволяют сделать вывод о том, что точки приложения сил сцепления $T_{\varphi'}$ и $T_{\varphi''}$ нетвердой дороге совпадают сточками приложения равнодействующей нормальных удельных давлений - эпюры $q(\alpha)$

Если рассматривать реальный случай, когда часть элементов протектора шины находится на грани скольжения и еще не скользит, а остальная часть элементов проскальзывает, то выражение для силы сцепления T_φ примет вид

$$T_\varphi = \varphi' \int_{F'} q(\alpha)dF + \varphi'' \int_{F''} q(\alpha)dF . \qquad (33)$$

Равенство (33) позволяет сделать вывод о том, что в общем случае, когда часть элементов шины не проскальзывает, а другая скользит, точка приложения силы сцепления T_φ не совпадает сточкой приложения (центром давления контакта) равнодействующей эпюры $q(\alpha)$

В результате этого для отдельных элементов шины в контакте с дорогой распределение силы сцепления T_φ будет отличаться от распределения по тем же элементам равнодействующей эпюры нормальных давлений $q(\alpha)$

Напряженность для отдельных элементов шины в контакте, характеризуемая отношением $\frac{\tau(\alpha)}{q(\alpha)}$, будет различной. Элементы, у которых напряженность больше или равна коэффициенту сцепления, будут проскальзывать, а если напряженность меньше коэффициента сцепления, то элементы шины будут находиться в покое.

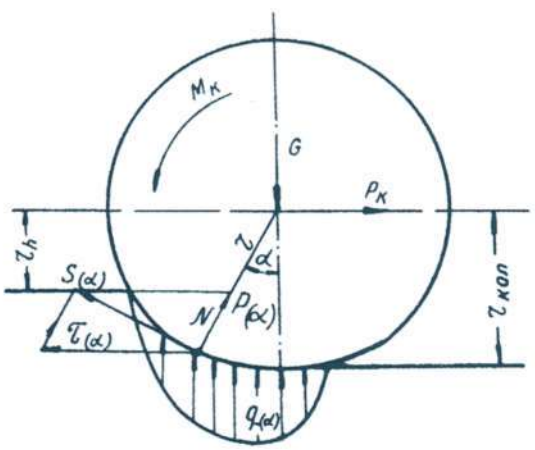


Рисунок 3 – Расчетная схема сил и моментов, приложенных к равномерно катящемуся ведущему колесу по деформируемой опорной поверхности (мягкий грунт), для определения силового радиуса.

Взаимодействие автомобильного колеса с мягким грунтом или снежной целиной отличается от движения колеса по твердой дороге. С этой целью рассмотрим сцепление автомобильного колеса с мягким грунтом.

На рис.3 показана схема сил и моментов, действующих на ведущее колесо при его равномерном качении по мягкому грунту. Силы, затрачиваемые на сдвиг грунта в горизонтальном направлении, не учитываются.

Предположим, что радиус r текущей точки на поверхности колеса, находящейся в контакте, имеет выражение

$$r = r_{кол} f(\alpha) \qquad (34)$$

где $r_{кол}$ - расстояние от оси колеса до дна колеи.

Выражение (34) представляет собой уравнение деформируемой поверхности шины в контакте с опорной поверхностью.

Так как $r > r_{кол}$, то $f(\alpha) > 1$

С учетом выражений (34) и (20) момент сцепления M_φ будет равен

$$M_\varphi = r_{кол} \int_F \tau(\alpha) f^x(\alpha) dF \qquad (35)$$

где

$$f^x(\alpha) = f(\alpha)\cos\alpha$$

С учетом равенств (15) и (35) можно написать, что силовой радиус колеса

$$r_c = \frac{M_\varphi}{T} = r_{кол} \frac{\int_F \tau(\alpha) f^x(\alpha) dF}{\int_F \tau(\alpha) dF} . \qquad (36)$$

Интегралы в числителе и знаменателе равенства (36) являются определенными числами, и их отношение есть конечное число. Таким образом, при качении автомобильного эластичного колеса по мягкому грунту расстояние от оси колеса до дна колеи $r_{кол}$ не будет равно, в отличие от твердой дороги, силовому радиусу колеса r_c. Можно записать, что

$$r_{кол} > r_c > r_n \qquad (37)$$

где r_n - расстояние по вертикали от оси колеса до поверхности еще недеформированного грунта перед движущимся колесом.

Из формулы (36) видно, что при качении колеса по мягкому грунту для вычисления силового радиуса r_c нужно знать уравнение деформируемой поверхности шины в контакте, уравнение распределения удельных давлений по площади поверхности контакта и распределение по площади поверхности контакта скользящих и нескользящих элементов шины. В этом случае вычисление силы сцепления по выражению

$$T_\varphi = \frac{M_\varphi^{max}}{r_c}$$

представляет значительную трудность.

На практике сцепление колес с дорожным покрытием обычно определяется двумя методами:

-торможением автомобиля на участке дороги с одновременным замером тормозного пути;

- динамометрированием во время буксирования автомобиля (специальной тележки) при затормаживании колес.

При первом методе величина коэффициента сцепления будет меняться во время торможения, так как она зависит от изменения скорости и перераспределения нормальных нагрузок на колесах автомобиля во время торможения. В результате эксперимента будет получена некоторая средняя величина коэффициента сцепления, не соответствующая его истинному значению на всем диапазоне изменения скорости.

С помощью второго метода может быть получена более точная оценка сцепления колеса с твердой дорогой следующими способами:

- измерением максимальной силы тяги на крюке автомобиля при буксировании его с заторможенными колесами;

- измерением максимальной силы тяги на крюке автомобиля при буксовании всех его колес.

Определение сцепления колес методом динамометрирования при буксировке автомобиля по твердой дороге имеет широкое распространение и является достаточно точным. Так как на твердых дорогах ошибка в измерении силы сцепления за счет малой величины сопротивления качению [см.равенства (11) и (12)] относительно невелика, а на мягких грунтах из-за большой величины сопротивления качению (главным образом за счет деформации грунта) она может достигнуть значительной величины. В этом случае указанный способ определения сцепления колес может оказаться некорректным. На мягком грунте, буксуя, колеса автомобиля быстро погружаются в грунт, что приводит к резкому увеличению силы тяги на крюке автомобиля.

Для пояснения этого, в виде примера, приведем осциллограмму (рис.4) изменения силы тяги на крюке автомобиля при движении по мягкому грунту.

Осциллограмму разобьем на две части: участок «а», когда автомобиль двигается равномерно с пробуксовкой колес, и участок «б», с буксованием колес практически на одном месте. Это хорошо видно по отметчику пройденного пути. На участке «б» движения автомобиля практически нет. Причем на участке «б» наблюдается резкое увеличение силы тяги на крюке автомобиля более чем в 3 раза до 17800 Н по сравнению с 5000 Н при движении автомобиля с пробуксовкой колес. Такое увеличение силы тяги на крюке автомобиля не может быть получено при его нормальном движении по мягкому грунту. Большая сила тяги получается из-за буксования колес автомобиля практически на месте, когда его колеса все глубже и глубже погружаются в грунт, а сопротивление движению резко возрастает.

Проведение подобных испытаний представляет интерес только для выявления прочности трансмиссии автомобиля. С точки зрения движения представляет интерес только сила тяги на крюке автомобиля, при которой сцепление колес с грунтом обеспечивает равномерное движение автомобиля с частичной пробуксовкой его колес (участок «а», на осциллограмме, рис.4).

Изложенное приводит к важному выводу, что на мягком грунте, в отличие от твердой дороги, оценку сцепления колес следует производить не по максимально - возможной силе тяги на крюке автомобиля или максимальному моменту сцепления, а по таким их величинам, которые обеспечивают равномерное движение автомобиля с частичной пробуксовкой его колес.

В заключении статьи следует сделать следующие выводы.

1. На твердой дороге сцепление колеса автомобиля может оцениваться коэффициентом сцепления φ, силой сцепления T_φ и максимальным моментом сцепления $M_к^{max}$

Они находятся из выражений

$$\varphi = \frac{T_\varphi}{G_к} \quad \text{и} \quad T_\varphi = \frac{M_\varphi^{max}}{r_g}$$

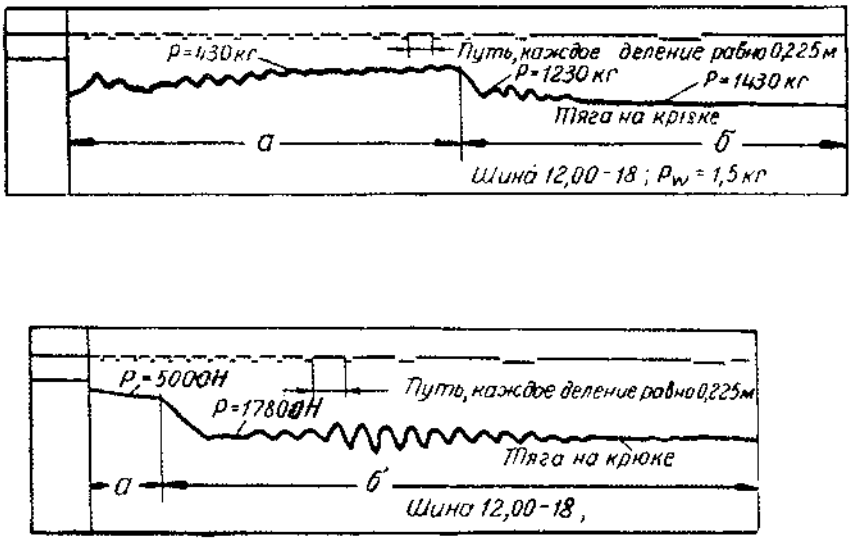


Рисунок 4 – Осциллограмма характера изменения силы тяги на крюке при движении автомобиля по мягкому грунту:

а – участок, когда автомобиль двигается равномерно с пробуксовкой колес и его сила тяги равна 5000 Н;

б - участок, где колеса автомобиля практически буксуют на месте, глубоко зарываясь в грунт, при этом тяга возрастает до 17800 Н.

где динамичный радиус r_g равен силовому радиусу r_c.

В этом случае определение величины силового радиуса не представляет трудностей, так как он равен расстоянию от оси колеса до поверхности твердой дороги, в которой действует сила сцепления T_φ.

2. При качении колеса автомобиля по мягкому грунту расстояние от оси колеса до дна колеи $r_{кл}$ не будет равно силовому радиусу колеса r_c. В этом случае его нужно вычислять по формуле (36). Такое вычисление представляет большую трудность, так как для этого необходимо знать уравнения деформируемой поверхности шины в контакте, распределение удельных давлений по площади поверхности контакта и распределение по площади поверхности контакта скользящих и нескользящих элементов шины.

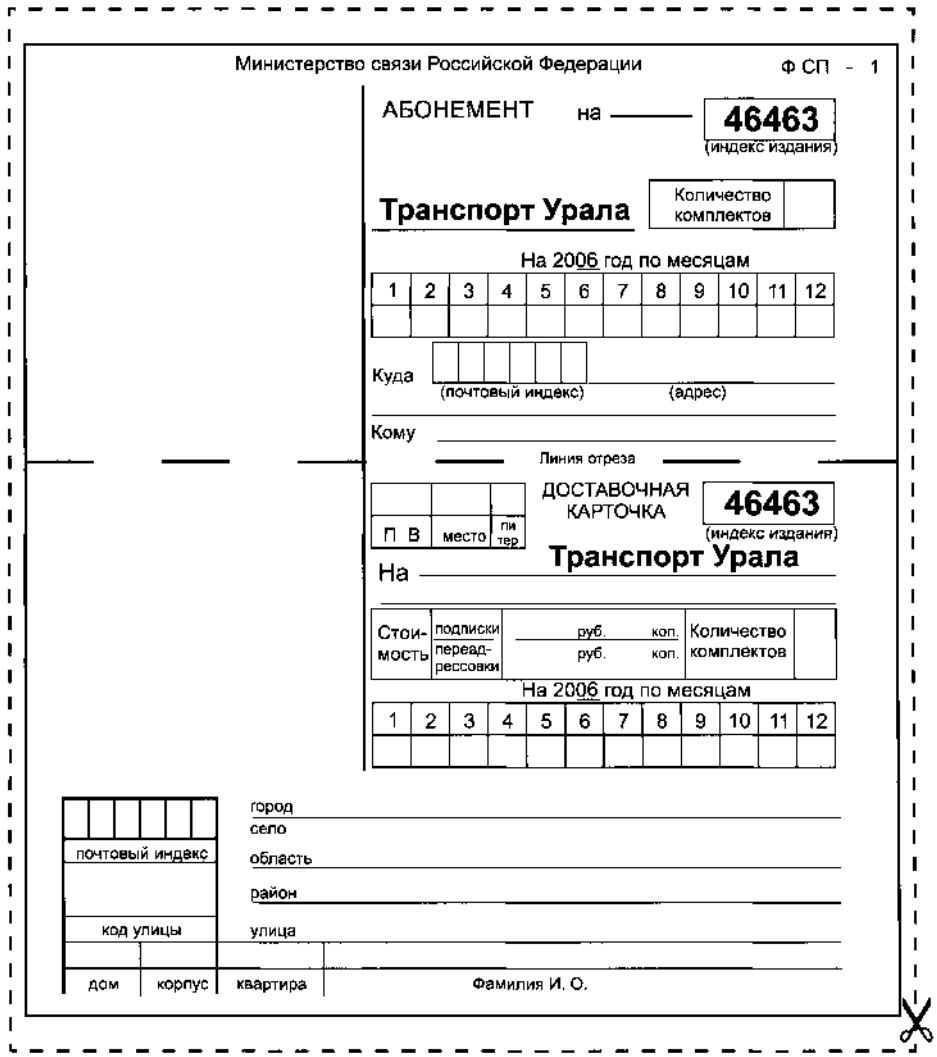
3. При проведении экспериментов по исследованию сцепления колес нетвердой дороге можно применять метод динамометрирования с замером максимальной силы тяги на крюке автомобиля, так как такой метод для этого случая является достаточно точным.

4. При экспериментальном определении сцепления колес на мягком грунте метод динамометрирования с замером максимальной силы тяги на крюке при буксировке автомобиля является неправильным. Оценку сцепления колес на мягком грунте, в отличие от твердой дороги, следует производить не по максимально-возможной силе тяги на крюке автомобиля или максимально- возможному моменту сцепления, а по значительно меньшей величине момента сцепления или силе тяги, которые фиксируются при устанавливающемся движении автомобиля с частичной пробуксовкой его колес.

Литература

1. Чудаков Е.А. Качение автомобильного колеса. - М.: Изд.АН СССР, 1948.

С 1 апреля открывается подписка на научно-технический журнал «Транспорт Урала». Стоимость одного номера 180 рублей. Периодичность 4 номера в год.



Министерство связи Российской Федерации — Ф СП - 1

АБОНЕМЕНТ на **46463** (индекс издания)

Транспорт Урала — Количество комплектов

На 2006 год по месяцам

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Куда (почтовый индекс) (адрес)

Кому

Линия отреза

П В | место | литер — ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА **46463** (индекс издания)

На **Транспорт Урала**

Стоимость: подписки ____ руб. ____ коп. — переадрессовки ____ руб. ____ коп. — Количество комплектов

На 2006 год по месяцам

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

почтовый индекс

город
село
область
район
код улицы — улица
дом | корпус | квартира

Фамилия И. О.

Научно-технический журнал «Транспорт Урала». Издание зарегистрировано в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций 27 мая 2004 г. Свидетельство ПИ № 77-18098.

Адрес редакции: Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66. Тел. (343) 245-31-88, e-mail: VSay@nis.usurt.ru

Учредитель: Уральский государственный университет путей сообщения.

Редакция журнала не несет ответственности за предоставленные рекламные материалы

©ИД «Лазурь», 2005, фото на обложку, дизайн, верстка. г. Екатеринбург. Тел. (343) 213-26-19. www.idlazur.ru

Отпечатано в типографии «Лазурь» (г. Реж). Заказ №. 1332 Тираж 1000 экз. Подписано в печать 17.04.05

ПРОБЛЕМЫ КАРЬЕРНОГО ТРАНСПОРТА



Российская академия наук
Уральское отделение
Институт горного дела

ВОСЬМАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО -ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

20-23 сентября 2005 г.
г. Екатеринбург

Организаторы:

- Правительство Свердловской области
- Российская академия наук
  Уральское отделение
  Институт горного дела
- ДГП «Институт горного дела им.Д.А. Кунаева»
- Уральское отделение АГН
- Горнопромышленная ассоциация Урала

ОАО «Пневмостроймашина»
ОАО «Уралгипроруда»
ЗАО НФП «ЮВЭНК»
ОАО «СУЭК»

Основной целью конференции является поиск путей объединения научного, проектного и производственного потенциала стран СНГ в области карьерного транспорта, обобщение опыта эксплуатации и проектирования различных видов карьерного транспорта, выявление и обоснование приоритетных направлений развития транспортных систем карьеров.

В рамках конференции предполагается проведение круглого стола «Урал - БелАЗу» с участием представителей ПО «БелАЗ», обсуждение проблем и перспектив сотрудничества, а также вопросов создания новых видов автотранспорта.

Основные темы конференции:

- стратегия формирования транспортных систем карьеров;
- организация карьерного транспорта;
- проблемы проектирования, выбора и эксплуатации транспортных систем карьеров с автомобильным, железнодорожным, непрерывными видами транспорта, комбинированным транспортом, а также новыми и специальными видами транспорта;
- энергосбережение на карьерном транспорте;
- перспективы создания новых средств карьерного транспорта;
- подготовка кадров высшей квалификации для горных предприятий;
- диагностика и экспертиза промышленной безопасности средств карьерного транспорта.

Во время работы конференции предполагается представление предприятий-изготовителей оборудования, узлов и агрегатов для карьерных автосамосвалов

Подробную информацию можно получить в оргкомитете конференции:
620219, г. Екатеринбург, ГСП-936, ул. Мамина-Сибиряка, 58, офис 502,
лаборатория транспортных систем карьеров и геотехники.
Тел.: (343) 3504-763 E-mail: trans@igd.uran.ru
Факс: (343) 3502-111 E-mail: konf-igd@yandex.ru

Уральское отделение Российской академии наук
Институт горного дела



Экспертиза промышленной безопасности карьерных электровозов, локомотивов, тяговых агрегатов, автосамосвалов, конвейеров и электроустановок горных предприятий

Технический и энергетический аудит горно-транспортного и электрооборудования

Разработка и внедрение дифференцированных норм расхода дизельного топлива для различных моделей карьерных автосамосвалов



Совершенствование и разработка средств технической диагностики карьерных автосамосвалов



Разработка вспомогательного оборудования для конвейерного транспорта (ловители лент, амортизирующие устройства и др.)

Оценка уровня конкурентоспособности геотехники.

(лаборатория транспортных систем карьеров и геотехники, рук. к.т.н. Бахтурин Ю.А.)



Диагностика геодинамической активности территории с целью выявления потенциально опасных участков и предотвращения катастроф на линейных и инженерных объектах проектируемых, строящихся и эксплуатируемых железнодорожных магистралей

(лаборатория сдвижения горных пород и предотвращения техногенных катастроф, рук. д.т.н. Сашурин А.Д.)



Новые геоинформационные технологии оценки состояния многомерных бетонных и железобетонных конструкций на основе сейсмометрических исследований

Автоматизированная ситсема комплексного геофизического мониторинга для безопасной эксплуатации зданий и сооружений

(лаборатория горной геофизики, рук. д.т.н. Мухаметшин А.М.)